การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงปรกติของชุดคำสั่งนอร์เทสต์ในโปรแกรมอาร์

An Efficiency Comparison of Test Statistics for Normal Distribution of Nortest Package in R Program

ศุภรัตน์ มีประพันธ์
SUPARAT MEEPRAPHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

KMITL-2016-SC-M-050-011

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงปรกติของชุดคำสั่งนอร์เทสต์ในโปรแกรมอาร์

An Efficiency Comparison of Test Statistics for Normal Distribution of Nortest Package in R Program

ศุภรัตน์ มีประพันธ์

SUPARAT MEEPRAPHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-SC-M-050-011

An Efficiency Comparison of Test Statistics for Normal Distribution of Nortest Package in R Program

SUPARAT MEEPRAPHAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER IN SCIENCE

DEPARTMENT OF STATISTICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-SC-M-050-011

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงปรกติของชุดคำสั่งนอร์เทสต์ในโปรแกรมอาร์”
(AN EFFICIENCY COMPARISON OF TEST STATISTICS FOR NORMAL DISTRIBUTION OF NORTEST PACKAGE IN R PROGRAM)

ชื่อนักศึกษา นางสาวศุภรัตน์ มีประพันธ์
รหัสประจำตัว 56605071
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาสถิติประยุกต์)
ภาควิชา สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง ประธานกรรมการ	
รศ.อุมาพร จันทศร อาจารย์บัณฑิตประจำ (ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง)	
ผศ.ดร.วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกสถาบันฯ	
ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	

วัน/ เดือน/ ปี ที่สอบ 27 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 เวลา 10.30 - 12.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้อง 115 ตึกจุฬาภรณ์ 1

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษณี ธนะบริพัฒน์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
วันที่...23...**เดือน**...มิ.ย....**พ.ศ.**...59...

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงปรกติของชุดคำสั่งนอร์เทสต์ในโปรแกรมอาร์
ชื่อนักศึกษา	นางสาวศุภรัตน์ มีประพันธ์
รหัสประจำตัว	56605071
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชา	สถิติ
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงปรกติ 6 การทดสอบของชุดคำสั่งนอร์เทสต์ (Nortest) ในโปรแกรมอาร์ (R) ได้แก่ สถิติทดสอบ Kolmogorov-Sminov (KS) สถิติทดสอบ Shapiro-Francia (SF) สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) สถิติทดสอบ Anderson-darling (AD) สถิติทดสอบ Cramer-von Mises (CVM) และ สถิติทดสอบ Pearson chi-square (PCS) โดยศึกษาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ค่าเฉลี่ย 0 ความแปรปรวน 1 4 และ 8 (N(0,1)) (N(0,4)) และ (N(0,8)) การแจกแจงทีที่องศาเสรี 4 (t_4) 12 (t_{12}) และ 100 (t_{100})การแจกแจงแกมมาที่ค่าพารามิเตอร์แสดงถึงรูปร่าง 2 2 และ 1 (α) และที่ค่าพารามิเตอร์แสดงถึงสเกล 4 2 และ 1/3 (β) (Gamma(2,4) Gamma(2,2) และ Gamma(1,1/3)) การแจกแจงทวินามที่ค่าพารามิเตอร์ (p) เท่ากับ 0.2 การแจกแจงปัวซงที่ค่าพารามิเตอร์ (λ) เท่ากับ 0.5 5 10 และ 20 กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 70 และ 100 กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.1 ใช้โปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชัน 3.0.2 ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูลทำซ้ำ 5,000 รอบในแต่ละสถานการณ์

ผลการวิจัยพบว่า ในกรณีที่ลักษณะของข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ N(0,1) N(0,4) และ N(0,8) สถิติทดสอบ KS สถิติทดสอบ LF และ สถิติทดสอบ CVM สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งหมดที่ทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ การแจกแจง t_4 และ t_{12} สถิติทดสอบ SF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ การแจกแจง Gamma(2,4) และ Gamma(2,2) สถิติทดสอบ KS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ การแจกแจง B(20,0.2) B(30,0.2) B(50,0.2) B(70,0.2) และ B(100,0.2) สถิติทดสอบ KS และ สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ การแจกแจง Poisson(0.5) สถิติทดสอบ AD สถิติทดสอบ CVM และสถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ Poisson(5) Poisson(10) และ Poisson(20) มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

คำสำคัญ : กำลังการทดสอบ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 สถิติทดสอบ Anderson-darling สถิติทดสอบ Cramer-von Mises สถิติทดสอบ Kolmogorov-Sminov สถิติทดสอบ Lilliefor สถิติทดสอบ Pearson chi-square สถิติทดสอบ Shapiro-Francia

Thesis Title	AN EFFICIENCY COMPARISON OF TEST STATISTICS FOR NORMAL DISTRIBUTION OF NORTEST PACKAGE IN R PROGRAM
Student Name	Suparat Meepraphan
Student ID	56605071
Degree	Master of Science
Department	Statistics
Year	2016
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr.Autcha Araveeporn

ABSTRACT

The objective of this research is to compare the performance for controlling probability of the type I error and the power of a test from six test statistics of normal distribution via program R in case of Nortest package. The test statistics in case of Nortest package consist of Kolmogorov-Smirnov (KS) test, Shapiro-Francia (SF) test, Lilliefor (LF) test, Anderson-Darling (AD) test, Cramer-von Mises (CVM) test, and Pearson Chi-square (PCS) test. In this case, data is generated from normal distribution with mean 0 and variance 1, 4, and 8 or called N(0,1), N(0,4), and N(0,8), T distribution with degree of freedom 4, 12, and 100 or called t_4, t_{12}, and t_{100}, gamma distribution with shape parameter 2, 2, and 1 scale parameter 4, 2, and 1/3 or called gamma(2,4), gamma(2,2), and gamma(1,(1/3)), binomail distribution with parameter 0.2 and Poisson distribution with parameter 0.5, 5, 10, and 20. The sample size is set at 20, 30, 50, 70, and 100 when significant three levels are specified at 0.01, 0.05, and 0.1. The program R version 3.0.2 is used by generating data and data analysis with 5000 replications in each situation.

According to the result, normal distribution with N(0,1), N(0,4), and N(0,8) are shown that KS test, LF test, and CVM test can control probability of type I error for all sample sizes and significant levels. T distribution with t_4 and t_{12} indicated that SF test presents the highest of power of a test for all sample sizes and significant level. Gamma distribution with gamma(2,4) and gamma(2,2)) are shown that KS test presents the highest of power of a test for all sample sizes and significant level. For binomial distribution with B(20,0.2), B(30,0.2), B(50,0.2), B(70,0.2), and B(100,0.2), KS test and PCS test present the highest of power of a test for all sample sizes and significant levels. Poisson distribution with Poisson(0.5), Poisson(10), and Poisson(20), AD test, CVM test, and PCS test present the highest of power of a test.

Keywords: Anderson-Darling test, Cramer-von Mises test, Kolmogorov-Smirnov test, Lilliefor test, Pearson Chi-square test, Power of a test, Probability of type I error and Shapiro-Francia test

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและมีความถูกต้องในเนื้อหา เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เป็นผู้ซึ่งให้คำแนะนำ คำปรึกษา เอื้อเฟื้อเอกสารต่างๆ และหนังสืออ้างอิง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและหนังสืออ้างอิง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจทานแก้ไขความถูกต้อง และตลอดจนติดตามผลงานทุกขั้นตอนของการดำเนินงานในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์จึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง ผู้ซึ่งเป็นประธานกรรมการ รศ.อุมาพร จันทศร ผู้ซึ่งเป็นกรรมการ และผศ.ดร.วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล ผู้ซึ่งเป็นกรรมการ (ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก) ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำข้อบกพร่องตลอดจนแก้ไขข้อผิดพลาดเพิ่มเติม ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณอัจฉรา แผ้วบาง และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาอุปกรณ์ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือในการทำงานมาโดยตลอดจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นางสาวศุภรัตน์ มีประพันธ์

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง

สารบัญรูป

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการวิจัยต่างๆ การศึกษาลักษณะของประชากร (Population) ทั้งหมดเป็นไปได้ยากเนื่องจากมีความยุ่งยากในการเก็บรวบรวมข้อมูล เสียค่าใช้จ่ายสูง สิ้นเปลืองเวลาและแรงงาน จึงนิยมใช้การสุ่มหาตัวแทนของประชากรหรือเรียกว่าตัวอย่าง (Sample) เป็นตัวแทนในการศึกษา ข้อมูลจากตัวอย่างเป็นการบอกเกี่ยวกับลักษณะของตัวอย่างนั้น แต่โดยทั่วไปมีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการทราบลักษณะของประชากรทั้งหมดไม่ใช่แต่เพียงของตัวอย่างเท่านั้น จึงต้องมีการอนุมานข้อมูลจากตัวอย่างไปหาข้อมูลจากประชากร ซึ่งคือ สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) โดยมีการนำทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability Theory) เข้ามาประยุกต์ใช้มีหลายรูปแบบ เช่น การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

การทดสอบสมมติฐานเป็นการหาข้อสรุปเกี่ยวกับประชากรว่าประชากรที่ต้องการศึกษานั้นมีลักษณะเป็นจริงหรือไม่ นิยมตั้งสมมติฐาน 2 สมมติฐาน คือ สมมติฐานว่าง (Null Hypothesis หรือ H_0) และสมมติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis หรือ H_1) เนื่องจากประชากรที่สนใจศึกษามีการแจกแจงฟังก์ชันความน่าจะเป็นมีพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า การอนุมานจึงอนุมานถึงพารามิเตอร์ การทดสอบสมมติฐาน คือ การเลือกว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานว่างโดยอาศัยข้อมูลจากตัวอย่าง ซึ่งการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานว่างอาจมีความผิดพลาดในการตัดสินใจเกิดขึ้นได้ โดยความผิดพลาดนั้นมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I error) คือ ความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริงและความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II error) คือ ความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง การทดสอบสมมติฐานจะมีคุณภาพดีเมื่อความผิดพลาดแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีค่าต่ำ

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่นิยมใช้ เช่น สถิติทดสอบที (t-test) เป็นการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสามารถใช้ได้ทั้งประชากรหนึ่งกลุ่มและประชากรสองกลุ่ม เมื่อขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30 ($n<30$) ซึ่งแบ่งได้ 2 แบบ คือ สถิติทดสอบที ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระกันและใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่ไม่อิสระกัน เมื่อไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรและตัวอย่างมีขนาดน้อยกว่า 30 จะนิยมใช้สถิติทดสอบที สถิติทดสอบ Z (Z-test) ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียวและประชากร 2 กลุ่ม เมื่อทราบค่าความแปรแปรวนของประชากร (σ^2) และสัดส่วนของประชากร 2 กลุ่ม เมื่อมีขนาดตัวอย่างมากกว่า 30 นิยมใช้สถิติทดสอบ Z ส่วนสถิติทดสอบ F (F-test) ใช้ทดสอบค่าความแปรปรวนเท่ากันของประชากรสองกลุ่ม และนอกจากนี้สถิติทดสอบ F ยังสามารถใช้ทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรที่มากกว่า 2 กลุ่ม หรือที่เรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) โดยมีเงื่อนไขที่ว่า ค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มต้องเท่ากันหรือที่เรียกว่า ความเป็นเอกพันธ์ของค่าความแปรปรวน (Homogeneity of Variance) และในสถิติทดสอบที่กล่าวมานี้มีเงื่อนไขสำคัญคือ กลุ่มตัวอย่างที่ได้ต้องมาจากการสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ

เมื่อต้องการนำข้อมูลตัวอย่างไปอนุมานถึงประชากรต้องแน่ใจว่าข้อมูลนั้นมีการแจกแจงปรกติเสมอ ไม่เช่นนั้นเมื่อนำข้อมูลตัวอย่างไปอนุมานถึงประชากรจะเกิดความผิดพลาดขึ้น ดังนั้นการทดสอบว่าข้อมูลประชากรมีการแจกแจงปรกติหรือไม่ จึงเป็นสิ่งสำคัญ จึงมีนักสถิติได้สร้างการทดสอบสำหรับทดสอบข้อมูล เช่น สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov เสนอโดย Kolmogorov (1933) and Smirnov (1939) เป็นการใช้ค่าความถี่สะสมของกลุ่มตัวอย่างที่แบ่งเป็นช่วงๆ ว่ามีความแตกต่างไปจากประชากรหรือไม่ สถิติทดสอบ Shapiro–Francia เสนอโดย Shapiro และ Francia (1972) พัฒนามาจากสถิติทดสอบ Shapiro–Wilk (1965) ใช้ค่าคาดหวังของสถิติลำดับของการแจกแจงปรกติ (Normal Ordered Statistics) มาช่วยในการคำนวณ สถิติทดสอบ Lilliefor เสนอโดย Mehme and Akin (2003) พิจารณาค่าความแตกต่างสูงสุดระหว่างค่าความน่าจะเป็นจากตัวอย่างและฟังก์ชันการแจกแจงสะสม สถิติทดสอบ Anderson–Darling เสนอโดย Anderson และ Darling (1954) ใช้ทดสอบลักษณะของประชากรว่ามีการแจกแจงตามที่คาดหวังไว้หรือไม่ สถิติทดสอบ Cramer–von Mises เสนอโดย Stephens (1974) ใช้หลักการประมาณระยะห่างที่น้อยที่สุดของฟังก์ชันการแจกแจงสะสม และสถิติทดสอบ Pearson chi-square เสนอโดย D'Agostino (1973) และ Pearson (1990) เป็นวิธีการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่อยู่ในรูปของความถี่หรือในรูปของสัดส่วน ซึ่งวิธีการดังกล่าวมานี้เป็นการทดสอบการแจกแจงปรกติโดยพิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงปรกติโดยทั่วไปมีโปรแกรมสำเร็จรูปหลายโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบข้อมูล ซึ่งโปรแกรมส่วนใหญ่มีลิขสิทธิ์และเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงในการใช้โปรแกรมเหล่านั้น ดังนั้นในปี ค.ศ. 1997 Robert Gentleman และ Ross Ihaka จากภาควิชาสถิติ มหาวิทยาลัยโอ๊คแลนด์ ประเทศนิวซีแลนด์เป็นผู้เริ่มต้นเขียนโปรแกรมอาร์ (R) ตั้งแต่กลางปี ค.ศ. 1997 เป็นต้นมาจึงเกิดเป็นทีมผู้พัฒนาโปรแกรมอาร์ (R) (The R Development Core Team) ซึ่งพัฒนามาจากภาษา S โดย Becker and Chambers (1984) Chambers and Hastie (1992) และ Chambers (1998) โปรแกรมอาร์ (R) เป็นโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยที่ผู้ใช้ต้องเขียนคำสั่งเอง และสามารถดาวน์โหลดมาใช้ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ในโปรแกรมอาร์ (R) ยังมีชุดคำสั่ง (Package) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการความหลากหลายในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในโปรแกรมอาร์ (R) มีชุดคำสั่งสำหรับตรวจสอบข้อมูลของการแจกแจงปรกติ อยู่ในชุดคำสั่งที่เรียกว่า นอร์เทสต์ (Nortest) ใช้เพื่อตรวจสอบการแจกแจงปรกติของข้อมูล ประกอบไปด้วยวิธีการทางสถิติทดสอบดังนี้ สถิติทดสอบ Shapiro-Francia (SF) สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM) และสถิติทดสอบ Pearson chi-square (PCS) ซึ่งวิธีในชุดคำสั่งเหล่านี้ยังไม่มีข้อมูลที่แน่ชัดว่าสถิติทดสอบแบบใดจะให้กำลังการทดสอบสูงที่สุดและสถิติทดสอบแบบใดให้ความผิดพลาดแบบที่ 1 ต่ำที่สุด ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและเปรียบเทียบกับวิธีเดิมที่นิยมใช้กันคือ วิธี สถิติทดสอบ Kolmogorov – Smirnov (KS) ในงานวิทยานิพนธ์ นี้จะทำการจำลองข้อมูล (Simulation) ให้มีการแจกแจงแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องในรูปแบบต่างๆ เพื่อศึกษาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบโดยพิจารณาเปรียบเทียบสถิติทดสอบ 6 การทดสอบที่สนใจศึกษา

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบสำหรับการทดสอบการแจกแจงปรกติ 6 การทดสอบ คือ สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) สถิติทดสอบ Shapiro-Francia (SF) สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM) สถิติทดสอบ Pearson Chi–square (PCS)

1.2.2 เพื่อหาสถิติทดสอบที่เหมาะสมสำหรับทดสอบข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติ การแจกแจงที การแจกแจงแกมมา การแจกแจงทวินาม และการแจกแจงปัวซง

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ภายใต้ลักษณะการแจกแจงของประชากรที่มีรูปแบบต่างกันและขนาดตัวอย่างที่ต่างกัน จะมีผลทำให้ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบแตกต่างกัน

1.4 นิยามศัพท์

1.4.1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 หมายถึง ความน่าจะเป็นที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง

1.4.2 กำลังการทดสอบ หมายถึง ความน่าจะเป็นที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

1.4.3 ประสิทธิภาพ หมายถึง เกณฑ์ในการตัดสินใจว่าสถิติทดสอบใดดีที่สุด โดยวัดประสิทธิภาพจากความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบที่มีค่าสูงสุด

1.4.4 เกณฑ์การทดสอบของ Bradley (1978) และ Cochran (1954) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1

1.5 ขอบเขตการวิจัย

กำหนดขอบเขตการศึกษาดังนี้

1.5.1 สถิติทดสอบที่ใช้ในการศึกษาเพื่อทดสอบการแจกแจงปรกติของข้อมูล ประกอบด้วยสถิติทดสอบ 6 การทดสอบ คือ

1.5.1.1 สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS)

1.5.1.2 สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF)

1.5.1.3 สถิติทดสอบ Lilliefor (LF)

1.5.1.4 สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD)

1.5.1.5 สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM)

1.5.1.6 สถิติทดสอบ Pearson chi–square (PCS)

1.5.2 ศึกษาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ สำหรับทดสอบการแจกแจงปรกติ 6 การทดสอบโดยกำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.01 0.05 และ 0.1

1.5.3 ขนาดตัวอย่าง 20 30 50 70 และ 100

1.5.4 ประชากรที่ศึกษาประกอบด้วยประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่มีค่าเฉลี่ย (μ) มีค่าเท่ากับ 0 0 และ 0 ความแปรปรวน (σ^2) มีค่าเท่ากับ 1 4 และ 8

1.5.5 ประชากรที่ศึกษาประกอบด้วยประชากรที่มีการแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (v) เท่ากับ 4 12 100 และมีค่าเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 0 0 และ 0 ความแปรปรวนมีค่าเท่ากับ 2 1.2 และ 1.02

1.5.6 ประชากรที่ศึกษาประกอบด้วยประชากรที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α) เท่ากับ 2 2 และ 1 และค่าพารามิเตอร์ (β) เท่ากับ 4 2 และ 1/3 และมีค่าเฉลี่ย ($\alpha\beta$) มีค่าเท่ากับ 8 4 และ 0.333 ความแปรปรวน ($\alpha\beta^2$) มีค่าเท่ากับ 32 8 และ 0.111

1.5.7 ประชากรที่ศึกษาประกอบด้วยประชากรที่มีการแจกแจงทวินามที่มีพารามิเตอร์ (p) เท่ากับ 0.2 และจำนวนข้อมูลทั้งหมด (n) เท่ากับ 20 30 50 70 และ 100 มีค่าเฉลี่ย (np) มีค่าเท่ากับ 4 6 10 14 และ 20 ความแปรปรวน ($np(1-p)$) มีค่าเท่ากับ 3.2 4.8 8 11.2 และ 16

1.5.8 ประชากรที่ศึกษาประกอบด้วยประชากรที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) เท่ากับ 0.5 5 10 และ 20 และมีค่าเฉลี่ย (λ) เท่ากับ 0.5 5 10 และ 20 ความแปรปรวน (λ) มีค่าเท่ากับ 0.5 5 10 และ 20

1.5.9 โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เขียนด้วยโปรแกรม R เวอร์ชัน 3.0.2 ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 5,000 ครั้ง

1.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา

1.6.1 ในการศึกษาครั้งนี้ ขั้นแรกผู้วิจัยจะทำการจำลองสร้างข้อมูล (Simulation) ให้มีการแจกแจงปรกติ จะทดสอบสถิติทดสอบ 6 การทดสอบ เพื่อศึกษาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (α) ตามเกณฑ์ของ Bradley (1978) และ Cochran (1954)

1.6.2 จากนั้นผู้วิจัยจะทำการจำลองสร้างข้อมูล (Simulation) ให้มีการแจกแจงที การแจกแจงแกมมา การแจกแจงทวินาม และการแจกแจงปัวซง แล้วจึงหากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ ($1-\beta$) โดยพิจารณากำลังการทดสอบสูงที่สุด

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย ได้แก่

1.7.1 เป็นแนวทางในการเลือกใช้สถิติทดสอบที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดสอบการแจงแจงปรกติ การแจกแจงที การแจกแจงแกมมา การแจกแจงทวินาม และการแจกแจงปัวซง

1.7.2 เป็นแนวทางเลือกใช้สถิติทดสอบให้เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์ จากผลการศึกษาทำให้ทราบว่าสถิติทดสอบแบบใดให้ประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้เงื่อนไขต่างๆ

1.7.3 เป็นแนวทางในการเรียกใช้ชุดคำสั่งนอร์เทสต์ในโปรแกรมอาร์ (R) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสถิติทดสอบกับการแจกแจงแบบต่างๆ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและมีความถูกต้องในเนื้อหา เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เป็นผู้ซึ่งให้คำแนะนำ คำปรึกษา เอื้อเฟื้อเอกสารต่างๆ และหนังสืออ้างอิง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและหนังสืออ้างอิง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจทานแก้ไขความถูกต้อง และตลอดจนติดตามผลงานทุกขั้นตอนของการดำเนินงานในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์จึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง ผู้ซึ่งเป็นประธานกรรมการ รศ.อุมาพร จันทศร ผู้ซึ่งเป็นกรรมการ และผศ.ดร.วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล ผู้ซึ่งเป็นกรรมการ (ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก) ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำข้อบกพร่องตลอดจนแก้ไขข้อผิดพลาดเพิ่มเติม ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณอัจฉรา แผ้วบาง และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาอุปกรณ์ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือในการทำงานมาโดยตลอดจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นางสาวศุภรัตน์ มีประพันธ์

บทที่ 2
ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้สนใจศึกษาทดสอบการแจกแจงปรกติโดยใช้สถิติทดสอบ 6 การทดสอบ ในบทนี้จะกล่าวถึงการแจกแจงปรกติ สถิติทดสอบการแจกแจงปรกติ 6 การทดสอบ ได้แก่ สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF) สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM) และสถิติทดสอบ Pearson Chi–square (PCS)

2.1 ขั้นตอนการทดสอบการแจกแจงปรกติของสถิติทดสอบ

สมมติฐานในการทดสอบการแจกแจงปรกติ เขียนได้ดังนี้

2.1.1 กำหนดสมมติฐาน H_0 : ประชากรมีการแจกแจงปรกติ

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงปรกติ

2.1.2 กำหนดระดับนัยสำคัญ α = 0.01 0.05 และ 0.1

2.1.3 คำนวณค่าสถิติทดสอบการแจกแจงปรกติ ซึ่งการวิจัยนี้จะใช้สถิติทดสอบการแจกแจงปรกติ 6 การทดสอบ ได้แก่

- สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS)
- สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF)
- สถิติทดสอบ Lilliefor (LF)
- สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD)
- สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM)
- สถิติทดสอบ Pearson Chi–square (PCS)

2.1.4 การตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง ถ้าค่า $P-value<\alpha$ จะได้ความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I error)

2.1.5 การตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง ถ้าค่า $P-value<\alpha$ จะได้กำลังการทดสอบ (Power of a test)

2.2 การแจกแจงที่ใช้ในการศึกษา

2.2.1 การแจกแจงปรกติ (Normal distribution) (วนัช สุริยฉัตรกุล, 2554)

การแจกแจงปรกติเป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่องที่มีความสำคัญมากทั้งในทางสถิติประยุกต์และใช้ประโยชน์ในการประมาณค่าประชากรและการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ อับราฮัมเดอร์มัวร์ (Abraham De Moire, ค.ศ.1667-1754) นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสเป็นผู้ค้นพบการแจกแจงปรกติ เมื่อปีค.ศ. 1773 โดยสร้างการแจกแจงปรกติขึ้นมาเป็นรูปที่จำกัด (Limit) รูปหนึ่งของการแจกแจงทวินาม แต่ไม่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย ต่อมาปิแอร์ลาปลาส (Pierre Laplace, ค.ศ.1749-1827) นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสกับคาร์ลเกาส์ (Carl Gauss, ค.ศ.1777-1855) นักคณิตศาสตร์และดาราศาสตร์ชาวเยอรมันได้ค้นพบการแจกแจงปรกติโดยไม่ทราบผลงานของอับราฮัมเดอร์มัวร์มาก่อน ซึ่งพบว่าการแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดทางวิทยาศาสตร์กายภาพสามารถ

ประมาณได้ใกล้เคียงโดยใช้เส้นโค้งปรกติ ซึ่งเขาเรียกว่า “เส้นโค้งปรกติค่าความคลาดเคลื่อน” (The Normal curve of error) และถือเป็นกฎของความน่าจะเป็น (The Laws of chance) ผลงานของลาปลาสและเกาส์เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายและถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง การแจกแจงปรกติสามารถอธิบายการแจกแจงของตัวแปรต่างๆ ในทางชีววิทยา จิตวิทยา และทางการศึกษาเพื่อเป็นเกียรติแต่บุคคลทั้งสอง บางทีเรียกการแจกแจงปรกติว่า “การแจกแจงของลาปลาส” (Laplacian distribution) หรือ “การแจกแจงของเกาส์” (Gaussian distribution)

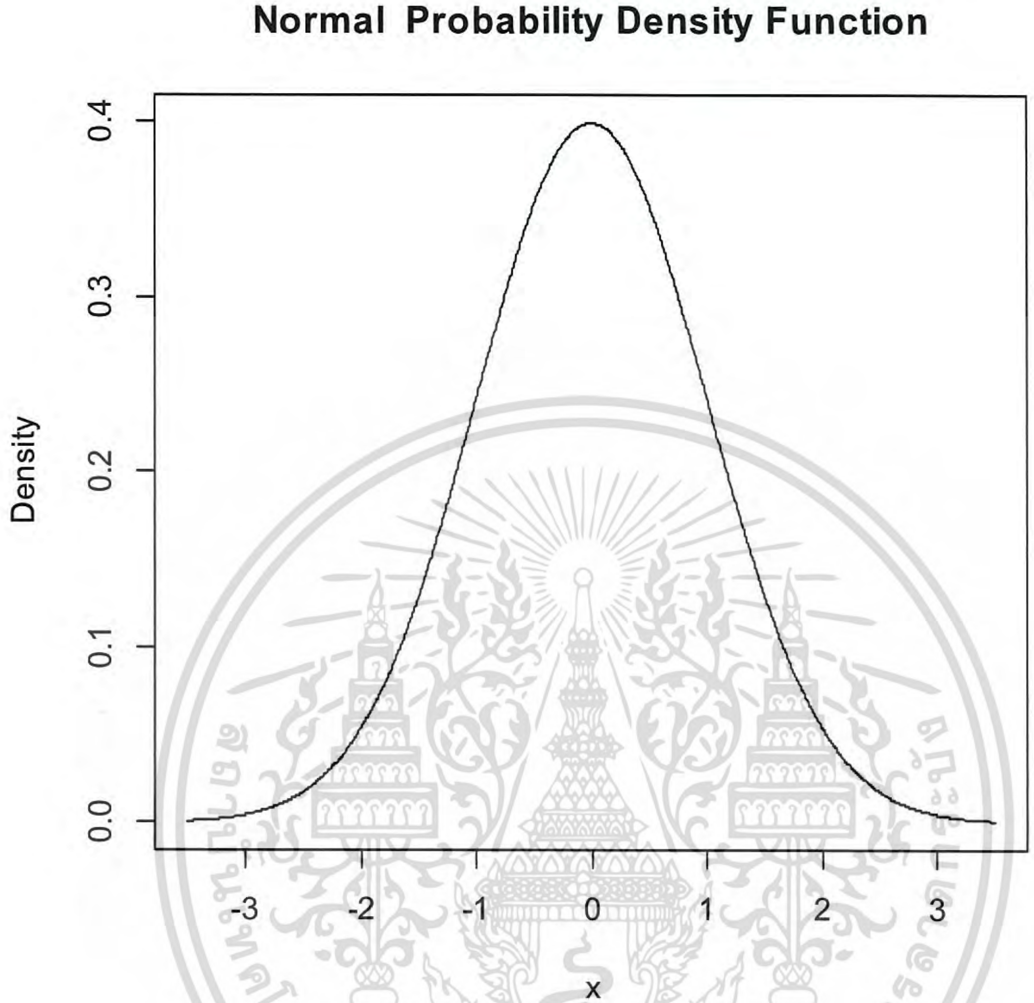
ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงปรกติ ด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ^2 เขียนได้ว่า N($x;\mu,\sigma^2$) โดยมี μ แทน ค่าเฉลี่ย และ σ^2 แทน ค่าความแปรปรวน สามารถเขียนเป็นฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นได้ ดังนี้

$$f\left(x;\mu,\sigma^2\right)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

เมื่อ $\sigma^2>0,\ -\infty<\mu<\infty,\ -\infty<x<\infty,\ \pi\approx 3.14159...$ และ $e\approx 2.71828...$

การหาค่าอินทิกรัลของพื้นที่ใต้เส้นโค้งปรกติเพื่อให้ได้พื้นที่ใต้เส้นโค้งปรกติมาตรฐานไม่สามารถทำได้ง่ายๆ จึงได้มีการหาพื้นที่ใต้เส้นโค้งปรกติมาตรฐานแทนโดยใช้ในการหาค่าความน่าจะเป็นในรูปของตาราง ซึ่งตารางดังกล่าวจะเป็นตารางเมื่อค่าเฉลี่ยเป็น 0 และค่าความแปรปรวนเป็น 1 นั่นคือ การหาพื้นที่ใต้เส้นโค้งปรกติที่มีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนเป็นอย่างอื่น จึงมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนให้เส้นเป็นโค้งปรกติมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และค่าความแปรปรวนเป็น 1 ทำได้โดยให้ $Z=\dfrac{X-\mu}{\sigma}$ ซึ่งจะทำให้การแจกแจงปรกติ N($x;\mu,\sigma^2$) เป็นการแจกแจงปรกติมาตรฐาน N(Z;0,1)

การแจกแจงปรกติมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ย $\mu = 0$ และมีค่าความแปรปรวน $\sigma^2 = 1$ แสดงดังรูปที่ 2.1

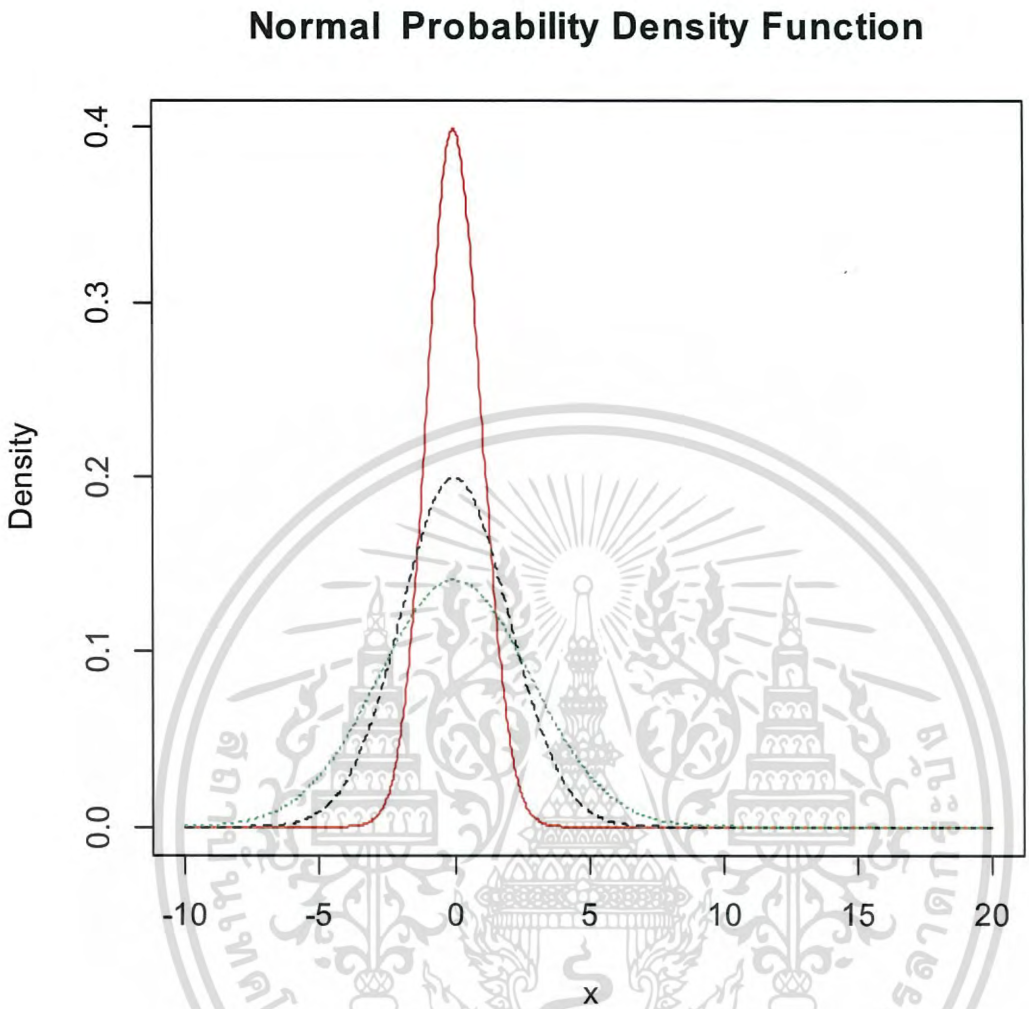


รูปที่ 2.1 ข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติมาตรฐานที่มี $\mu = 0$ และ $\sigma^2 = 1$

สมบัติของเส้นโค้งปรกติ

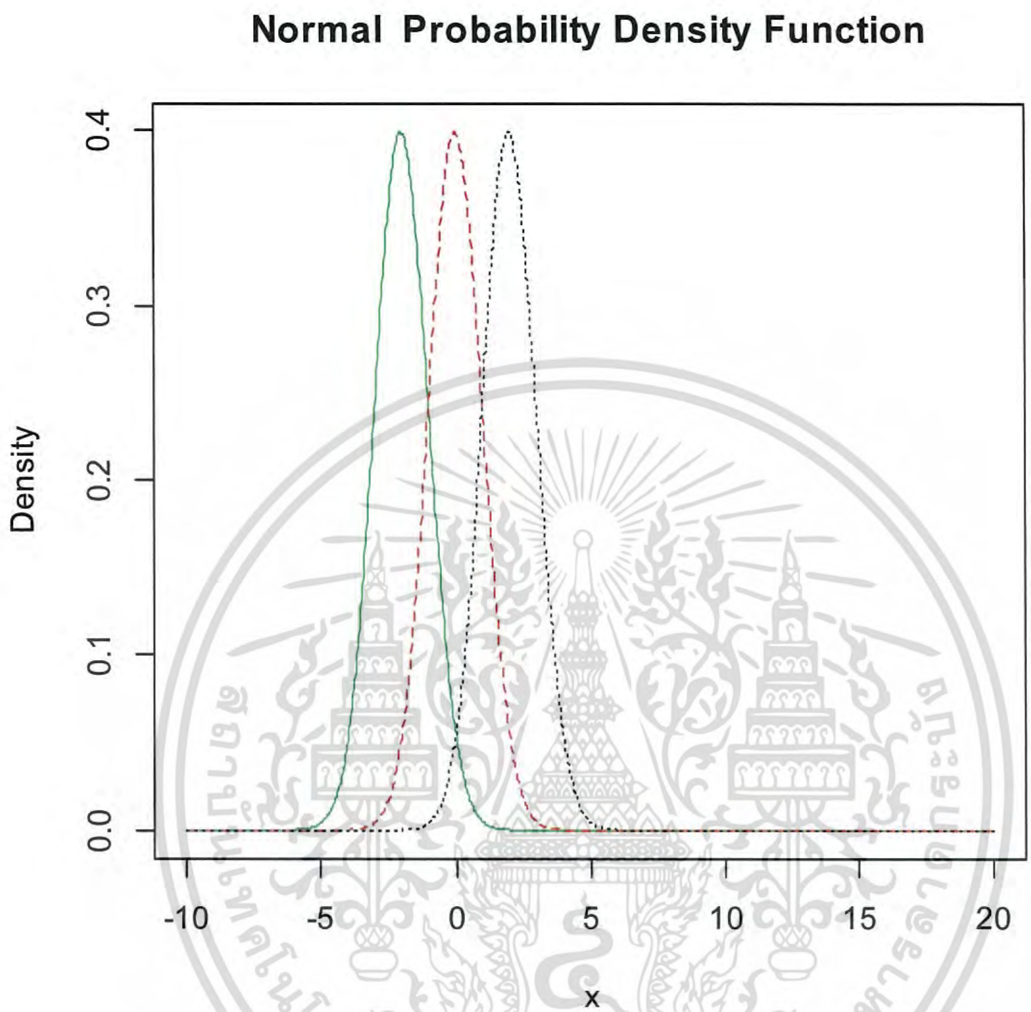
1. ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าฐานนิยม อยู่ที่ $X = \mu$ (ตำแหน่งที่เส้นโค้งปรกติอยู่สูงที่สุด)
2. เส้นโค้งปรกติมีลักษณะสมมาตรกับแกนตั้งที่ลากผ่าน μ
3. เส้นโค้งปรกติมีจุดเปลี่ยนเว้าที่ $X = \mu \pm \sigma$
4. ปลายเส้นโค้งปรกติเข้าใกล้แกน X เมื่อ X มีค่าห่างจาก μ ออกไปทุกทีแต่จะไม่สัมผัสแกน X
5. พื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ใต้เส้นโค้งปรกติและอยู่เหนือแกน X มีค่าเป็น 1
6. ค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มแบบปรกติ X คือ μ และค่าความแปรปรวน คือ σ^2

การแจกแจงปรกติเมื่อมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน แต่มีค่าความแปรปรวนต่างกัน แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การแจกแจงปรกติเมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากันและค่าความแปรปรวนต่างกัน

ในทางตรงกันข้ามของการแจกแจงปรกติเมื่อมีค่าเฉลี่ยต่างกัน แต่มีค่าความแปรปรวนเท่ากัน แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การแจกแจงปรกติเมื่อค่าเฉลี่ยต่างกันและค่าความแปรปรวนเท่ากัน

2.2.2 การแจกแจงที (Student's t distribution) (เบญจา ชูโต, 2552)

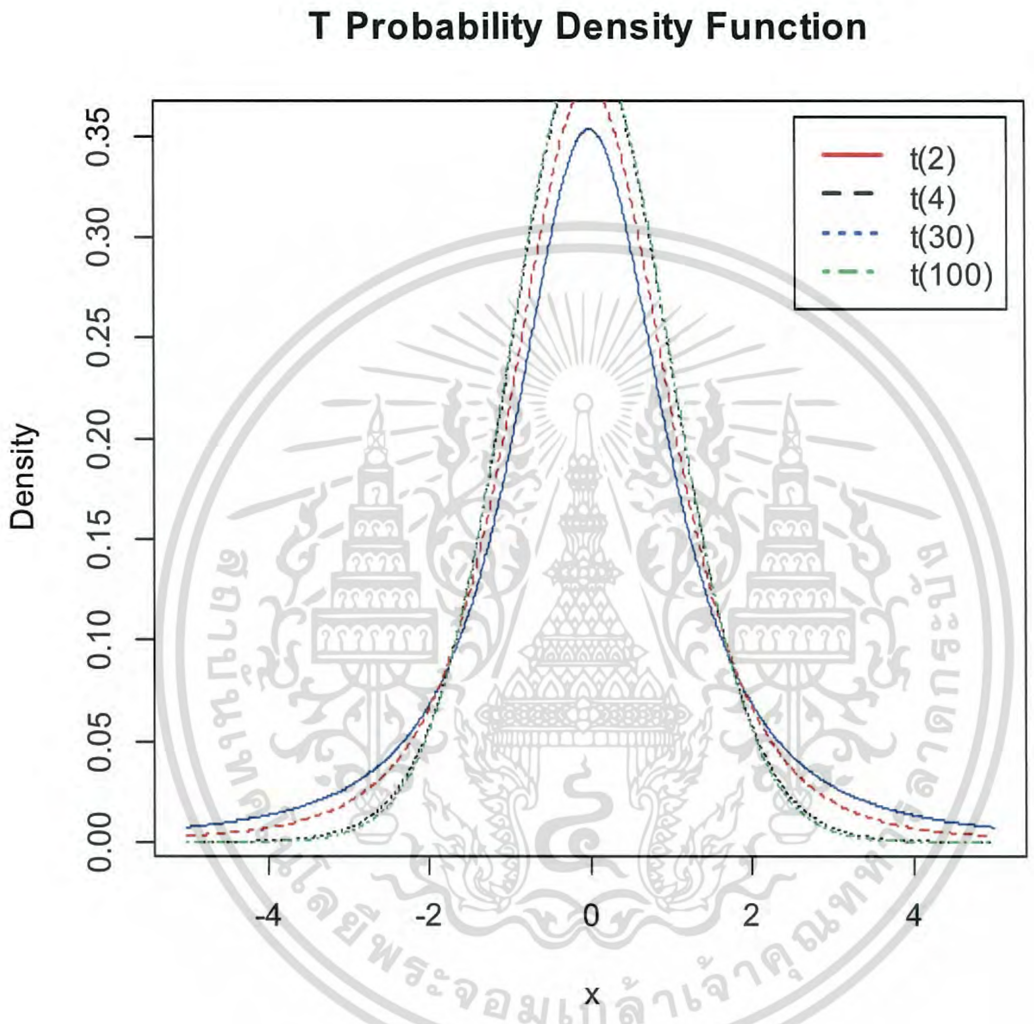
ให้ $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงที ที่มีองศาเสรีเท่ากับ v $(v > 0)$ เขียนแทนได้ด้วย t_v สามารถเขียนเป็นฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นได้ ดังนี้

$$f(x;v) = \frac{\Gamma\left((v+1)/2\right)}{(v\pi)^{1/2}\Gamma(v/2)} \frac{1}{\left(1+\frac{x^2}{v}\right)^{(v+1)/2}} \quad ,-\infty < x < \infty \quad ,v > 0$$

การแจกแจงที มี ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0

ค่าความแปรปรวน เท่ากับ $\frac{v}{v-2}$

การแจกแจงที จะมีรูปโค้งแบบใดขึ้นอยู่กับจำนวนองศาเสรี โค้งการแจกแจงที แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ข้อมูลที่มีการแจกแจงที ที่มีองศาเสรีต่างๆ

2.2.3 การแจกแจงแกมมา (Gamma distribution) (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2548)

ตัวแปรสุ่มแบบแกมมาแสดงถึงระยะเวลาของการรอคอยจนกระทั่งเกิดเหตุการณ์แบบปัวซงครบ α ครั้ง ส่วนตัวแปรสุ่มแบบเลขชี้กำลังแสดงถึงระยะเวลาของการรอคอยจนกระทั่งเกิดเหตุการณ์แบบปัวซงเป็นครั้งแรก ตัวแปรสุ่มทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในลักษณะรูปทั่วไปและรูปเฉพาะของกันและกัน กล่าวคือ ตัวแปรสุ่มแบบเลขชี้กำลังเป็นรูปเฉพาะของตัวแปรสุ่มแบบแกมมา ส่วนตัวแปรสุ่มแบบแกมมาเป็นรูปทั่วไปของตัวแปรสุ่มแบบเลขชี้กำลัง ให้ X แทน ช่วงระยะเวลาของการรอคอยจนกระทั่งเกิดเหตุการณ์ที่สนใจแบบปัวซงครบ α ครั้ง และ β แทน ช่วง

ระยะเวลาของการรอคอยโดยเฉลี่ยต่อหน่วยของเหตุการณ์ โดยที่ $\beta = \frac{1}{\lambda}$ เมื่อ λ คือ จำนวนการเกิดเหตุการณ์แบบปัวซงโดยเฉลี่ยใน 1 หน่วยเวลา มีหน่วยเป็นจำนวนเหตุการณ์ต่อหน่วยเวลา

ในการหาฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแกมมาจะต้องอาศัยฟังก์ชันแกมมา (Gamma function) ซึ่งเขียนแทนด้วย $\Gamma(\alpha)$ ดังนี้

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx \qquad \text{สำหรับทุกค่าของ } \alpha > 0$$

ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มแบบแกมมา ที่มีพารามิเตอร์ α และ β สามารถเขียนฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น ได้ดังนี้

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad ;\ x > 0,\ \alpha > 0,\ \beta > 0$$

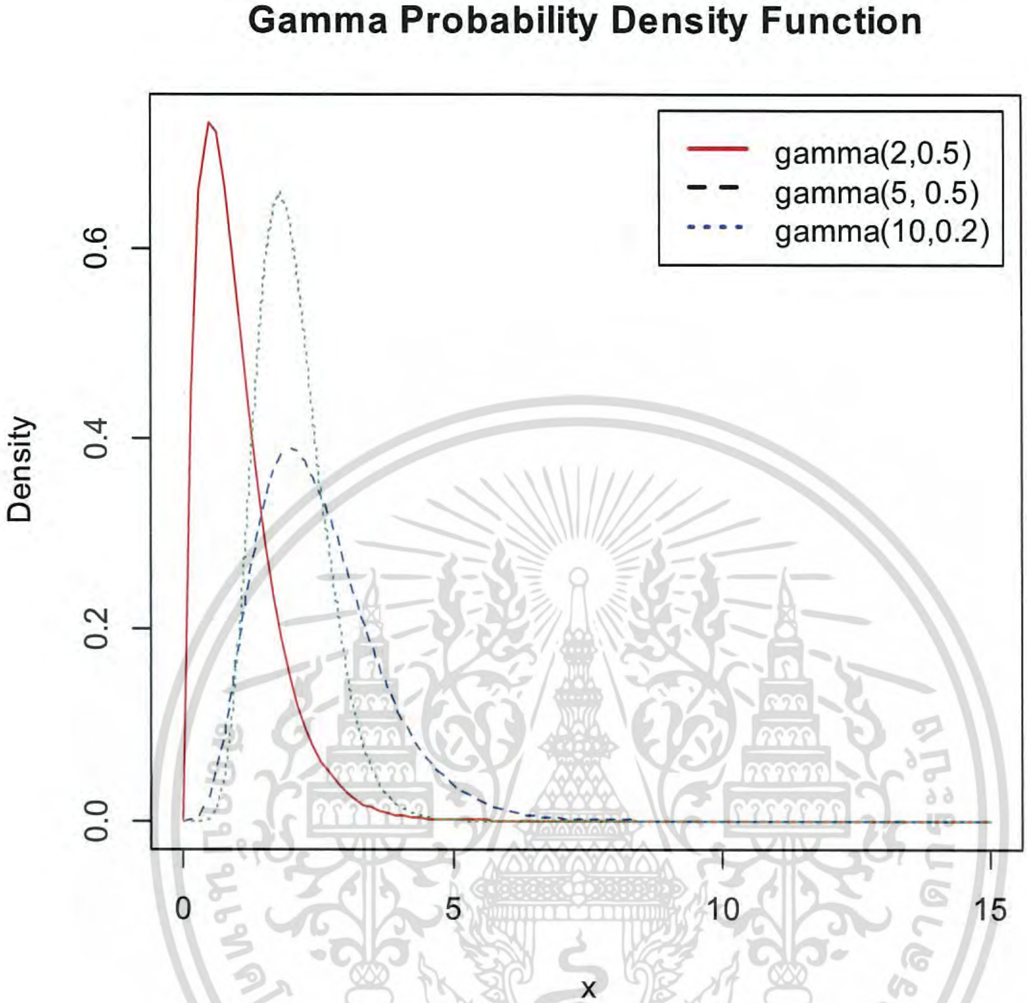
ฟังก์ชันของการแจกแจงจะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ α และ β ซึ่ง α คือ พารามิเตอร์ที่แสดงถึงรูปร่าง (Shape parameter) ส่วน β คือ พารามิเตอร์ที่แสดงถึงสเกล (Scale parameter) เมื่อ $\alpha = 1$ การแจกแจงแกมมาจะเข้าสู่การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) มีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น ดังนี้

$$f(x;\beta) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x}{\beta}} \qquad ; \qquad x > 0$$

เมื่อ $\alpha = \frac{n}{2}$ และ $\beta = 2$ การแจกแจงแกมมาจะเข้าสู่การแจกแจงไคกำลังสอง (Chi-square Distribution) มีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น ดังนี้

$$f(x;n) = \frac{1}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right) 2^{\frac{n}{2}}} x^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}} \qquad ; \qquad x > 0$$

การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ต่างๆ กัน

2.2.4 การแจกแจงทวินาม (Binomial distribution) (สุเมธ สมภักดี, 2542)

ในการทดลองสุ่มที่กระทำซ้ำๆ กัน n ครั้ง โดยที่แต่ละครั้งของการทดลองนั้นอิสระกัน และแต่ละครั้งของการทดลองนั้นให้ผลเพียง 2 อย่างเท่านั้น คือ ความสำเร็จ (Success) และความไม่สำเร็จ (Failure) โดยที่ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความสำเร็จเท่ากับ p และความไม่สำเร็จเท่ากับ q โดยที่ $q=1-p$ โดยค่า p และ q จะมีค่าคงที่ตลอดการกระทำ n ครั้งนั้น

ถ้าให้ X เป็นตัวแปรสุ่มของจำนวนครั้งที่เกิดความสำเร็จในการทดลองซ้ำๆ กัน n ครั้ง แล้วตัวแปรสุ่ม X จะมีการแจกแจงทวินาม ด้วยพารามิเตอร์ n และ p เขียนได้ว่า $f(x;n,p)$ โดยมี n แทน จำนวนครั้งของการทดลองทั้งหมด และ p แทน ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความสำเร็จ สามารถเขียนเป็นฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นได้ ดังนี้

$$f(x;n,p)=\binom{n}{x}p^x(1-p)^{n-x} \qquad ; \qquad x=0,1,2,\ldots,n$$

การแจกแจงทวินาม มี ค่าเฉลี่ย เท่ากับ np

ค่าความแปรปรวน เท่ากับ $np(1-p)$

2.2.5 การแจกแจงปัวซง (Poisson distribution) (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2548)

การแจกแจงปัวซงตั้งชื่อตามนักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส Simeon D.Poisson ซึ่งเป็นคนที่คิดค้นการแจกแจงนี้ขึ้นมา การแจกแจงปัวซงเป็นการศึกษาถึงจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจในช่วงเวลาหนึ่ง ในขอบเขตของพื้นที่หนึ่ง ในขอบเขตของปริมาตรหนึ่ง ระยะทาง จุดนัดพบหรืออื่นๆ เช่น จำนวนครั้งของการโทรศัพท์ที่หมุนเข้ามายังโอเปอร์เรเตอร์ในช่วงเวลาหนึ่ง จำนวนอิเลคตรอนที่พุ่งออกมาจากขั้วลบในหลอดสูญญากาศ จำนวนรอยตำหนิบนแผ่นไม้อัดขนาดพื้นที่หนึ่ง จำนวนจุลินทรีย์ในน้ำปริมาตรหนึ่ง จำนวนรอยร้าวบนผิวของแผ่นกระเบื้องขนาดพื้นที่หนึ่ง จำนวนหลุมบนถนนแห่งหนึ่ง เป็นต้น

ถ้าให้ X เป็นตัวแปรสุ่มของจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจจำนวนความสำเร็จที่เกิดในช่วงเวลา λ แล้วตัวแปรสุ่ม X จะมีการแจกแจงปัวซง ด้วยพารามิเตอร์ λ เขียนได้ว่า $f(x;\lambda)$ โดยมี λ แทน ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจโดยเฉลี่ยในช่วงเวลาที่กำหนด หรือ ขอบเขตที่กำหนด สามารถเขียนเป็นฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นได้ ดังนี้

$$f(x;\lambda)=\frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!} \quad ; \quad x=0,1,2,\ldots$$

การแจกแจงปัวซง มี ค่าเฉลี่ย เท่ากับ λ

ค่าความแปรปรวน เท่ากับ λ

2.3 สถิติทดสอบที่ใช้ในการศึกษา

2.3.1 สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) (เบญจา ชูโต, 2552)

Kolmogorov (1933) และ Smirnov (1939) ได้เสนอสถิติทดสอบ KS การใช้สถิติทดสอบ KS จำเป็นต้องสร้างการแจกแจงความถี่สะสมขึ้นมา ดังนั้นข้อมูลจึงอยู่ในสเกลอันดับ (Ordinal Scale) และลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบต่อเนื่อง หลักการของสถิติทดสอบนี้ คือ การวัดระยะห่างที่สั้นที่สุดระหว่างกราฟของ $S_n(x_i)$ และ $F_0(x_i)$

ขั้นตอนการทดสอบ

1. สมมติฐานของการทดสอบ H_0 : ประชากรมีการแจกแจงปรกติ ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ σ

   H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงปรกติ ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ σ

2. สถิติที่ใช้ทดสอบ $KS=\max\left[\left|S_n(x_i)-F_0(x_i)\right|,\left|S_n(x_{i-1})-F_0(x_i)\right|\right]$

เมื่อ $S_n(x_i)$ คือฟังก์ชันการแจกแจงจากตัวอย่าง หรือความถี่สะสมที่สังเกตได้ในรูปของสัดส่วน (Empirical distribution function)

$F_0(x_i)$ คือฟังก์ชันการแจกแจงของประชากรที่คาดไว้ภายใต้ H_0

n คือจำนวนของค่า x

สำหรับทุกค่าของ $i = 1, 2, 3, ..., n+1$ และกำหนดให้ $S_n(x_0) = 0$

3. การตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่า KS ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า KS ที่ได้จากตารางที่ระดับนัยสำคัญ

ตัวอย่างที่ 2.1 การคำนวณสถิติทดสอบ KS จากข้อมูลตัวอย่างขนาด 10 แสดงในตารางที่ 2.1 (เบญจา ชูโต, 2552)

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลตัวอย่างการคำนวณสถิติทดสอบ KS

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
148	154	158	160	161	162	166	170	182	195

สมมติฐานของการทดสอบ H_0 : ประชากรมีการแจกแจงปรกติ ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 165.6 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.83

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงปรกติ ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 165.6 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.83

ขั้นตอนการหาค่าสถิติทดสอบ KS มีดังนี้

1. เรียงลำดับข้อมูลจากค่าน้อยไปค่ามาก และคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การคำนวณค่าต่างๆ ของสถิติทดสอบ KS

i	x_i	$z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} = \frac{x_i - 165.6}{13.83}$	$F_0(x_i)$	$S_n(x_i)$	$\lvert S_n(x_i) - F_0(x_i) \rvert$	$\lvert S_n(x_{i-1}) - F_0(x_i) \rvert$
1	148	-1.27	0.1020	1/10 = 0.1	0.0020	$\lvert 0-0.0020 \rvert = 0.1020$
2	154	-0.84	0.2005	2/10 = 0.2	0.0005	$\lvert 0.1-0.2005 \rvert = 0.1005$
3	158	-0.55	0.2912	3/10 = 0.3	0.0088	$\lvert 0.2-0.2912 \rvert = 0.0912$
4	160	-0.40	0.3446	4/10 = 0.4	0.0554	$\lvert 0.3-0.3446 \rvert = 0.0446$
5	161	-0.33	0.3707	5/10 = 0.5	0.1293	$\lvert 0.4-0.3707 \rvert = 0.0293$
6	162	-0.26	0.3974	6/10 = 0.6	0.2026*	$\lvert 0.5-0.3947 \rvert = 0.1026$*
7	166	0.03	0.5120	7/10 = 0.7	0.1880	$\lvert 0.6-0.5120 \rvert = 0.0880$
8	170	0.32	0.6255	8/10 = 0.8	0.1745	$\lvert 0.7-0.6255 \rvert = 0.0745$
9	182	1.19	0.8830	9/10 = 0.9	0.0170	$\lvert 0.8-0.8830 \rvert = 0.0830$
10	195	2.13	0.9834	10/10 = 1.0	0.0166	$\lvert 0.9-0.9834 \rvert = 0.0834$
ผลรวม	1,656					

* หมายถึง ค่าที่มากที่สุดของตัวสถิติทดสอบ KS

โดยที่ $$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

$$= \frac{148+154+158+...+195}{10}$$
$$= \frac{1,656}{10}$$
$$= 165.6$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$= \frac{(148-165.6)^2 + (154-165.6)^2 + (158-165.6)^2 + ... + (195-165.6)^2}{10-1}$$
$$= \frac{1,792.40}{9}$$
$$= 191.156$$
$$s = \sqrt{191.156}$$
$$= 13.8259$$

2. คำนวณค่าสถิติทดสอบ KS คือ

$$KS = \max\left[\left|S_n(x_i) - F_0(x_i)\right|, \left|S_n(x_{i-1}) - F_0(x_i)\right|\right]$$
$$= \max[0.2026, 0.1026]$$
$$= 0.2026$$

3. การตัดสินใจยอมรับสมมติฐานเมื่อ KS ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.2026 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $KS_{\alpha,n} = KS_{0.05,10} = 0.409$ จากตารางค่าวิกฤตของ KS นั่นคือประชากรมีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 165.6 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.83

2.3.2 สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF) (สิริทิพ วะศินรัตน์, 2549)

Shapiro and Francia (1972) ได้เสนอสถิติทดสอบการแจกแจงปรกติโดยมีหลักการเดียวกับสถิติทดสอบ Shapiro และ Wilk ใช้ค่าคาดหวังของสถิติอันดับของการแจกแจงปรกติ (Normal ordered statistics) เข้าช่วยการคำนวณทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ขนาดตัวอย่างที่ใช้ตั้งแต่ 35 ถึง 99 ภายหลัง Royston (1993) ได้ปรับตัวสถิติทดสอบ Shapiro และ Francia เพื่อให้ใช้ได้กับขนาดตัวอย่างที่กว้างขึ้น มีรูปแบบดังนี้

$$SF = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} m_i x_i\right)^2}{\left(\sum_{i=1}^{n} m_i^2 \times \sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2\right)}$$

ซึ่ง $\left(x_{(1)}, x_{(2)}, x_{(3)}, \ldots, x_{(n)}\right)$ เป็นตัวอย่างสุ่มที่นำมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงโดย $x_{(1)}, x_{(2)}, x_{(3)}, \ldots, x_{(n)}$ และ m_i คือ ค่าคาดหวังจากตารางสถิติลำดับของการแจกแจงปรกติของ Harter ที่ได้จากการประมาณการเปลี่ยนแปลงการแจกแจงปรกติ (Approximate normalizing transformation) ของ SF คือ

$$y = \frac{(1-SF)^{\lambda} - 1}{\lambda} \quad \text{และ} \quad Z = \frac{y-\mu_y}{\sigma_y}$$

เมื่อ Z คือค่าปรกติมาตรฐาน

μ_y คือค่าเฉลี่ยของ y

σ_y คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ y

ค่าประมาณ λ, μ_y และ σ_y คำนวณได้ดังนี้

$$\lambda = -0.048157 + 0.0197196x - 0.0119065x^3$$

$$\mu_y = -exp\left(1.693067 + 0.144167x - 0.0184928x^2 + 0.031074485x^3 + 0.0055717663x^4\right)$$

$$\sigma_y = \; exp\left(-0.510725 - 0.1160364x - 0.0067021x^2 + 0.054465944x^3 + 0.0087397329x^4\right)$$

$$x = \log(n) - 5$$

ขั้นตอนการทดสอบ

1. สมมติฐานของการทดสอบ H_0 : ประชากรมีการแจกแจงปรกติ

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงปรกติ

2. สถิติที่ใช้ทดสอบ

$$SF = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} m_i x_i\right)^2}{\left(\sum_{i=1}^{n} m_i^2 \times \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2\right)}$$

$$y = \frac{(1-SF)^{\lambda} - 1}{\lambda} \quad \text{และ} \quad Z = \frac{y-\mu_y}{\sigma_y}$$

3. การตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่า SF ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า $Z = \frac{y-\mu_y}{\sigma_y}$

ตัวอย่างที่ 2.2 การคำนวณสถิติทดสอบ SF มีข้อมูลตัวอย่างขนาด 10 แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลตัวอย่างการคำนวณสถิติทดสอบ SF

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
148	154	158	160	161	162	166	170	182	195

สมมติฐานของการทดสอบ H_0 : ประชากรมีการแจกแจงปรกติ

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงปรกติ

ขั้นตอนการหาค่าสถิติทดสอบ SF มีดังนี้

1. เรียงลำดับข้อมูลจากค่าน้อยไปค่ามาก และคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การคำนวณค่าต่างๆ ของสถิติทดสอบ SF

i	x_i	m_i	$m_i x_i$	$(x_i - \overline{x})^2$	m_i^2
1	148	1.538	227.624	17,742.24	2.365
2	154	1.001	154.154	19,209.96	1.002
3	158	0.656	103.648	20,220.84	0.430
4	160	0.375	60	20,736	0.141
5	161	0.122	19.642	20,996.01	0.015
6	162	0	0	21,257.64	0
7	166	0	0	22,320.36	0
8	170	0	0	23,409	0
9	182	0	0	26,830.44	0
10	195	0	0	30,800.25	0
ผลรวม	1,656	3.692	565.068	223,522.74	3.953
ผลรวมกำลังสอง			319,301.845		

โดยที่

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

$$= \frac{148+154+158+...+195}{10}$$

$$= \frac{1,656}{10}$$

$$= 165.6$$

$$x = \log(n) - 5$$

$$= \log(10) - 5$$

$$= -4$$

$$\lambda = -0.048157 + 0.0197196x - 0.0119065x^3$$

$$= -0.048157 + 0.0197196(-4) - 0.0119065(-4)^3$$

$$= 0.635$$

2. คำนวณค่าสถิติทดสอบ SF คือ

$$SF = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} m_i x_i\right)^2}{\left(\sum_{i=1}^{n} m_i^2 \times \sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2\right)}$$

$$= \frac{\left(227.642 + 154.154 + 103.648 + ... + 0\right)^2}{\left(\left(2.365 + 1.002 + 0.430 + ... + 0\right) \times \left(17,742.24 + 19,209.96 + 20,220.84 + ... + 30,800.25\right)\right)}$$

$$= \frac{319,301.845}{3.953 \times 223,522.74}$$

$$= 0.361$$

3. การตัดสินใจยอมรับสมมติฐานเมื่อ SF ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.361 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า

$$Z = \frac{\left(y - \mu_y\right)}{\sigma_y}$$

ที่ $y = \frac{\left(1 - SF\right)^{\lambda} - 1}{\lambda} = \frac{\left(1 - 0.393\right)^{0.635} - 1}{0.635} = -0.428$

$$\mu_y = -\exp\left(1.693067 + 0.144167x - 0.0184928x^2 + 0.031074485x^3 + 0.0055717663x^4\right)$$

$$\mu_y = -1.294$$

$$\sigma_y = \exp\left(-0.510725 - 0.1160364x - 0.0067021x^2 + 0.054465944x^3 + 0.0087397329x^4\right)$$

$$\sigma_y = 0.246$$

$$Z = \frac{-0.428 - (-1.294)}{0.246}$$

$$= 3.520$$

นั่นคือประชากรมีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3.3 สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) (Stephens, 1974)

สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) คือ สถิติทดสอบที่ใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่าง (Empirical Distribution Function) ประกอบด้วยสมมติฐานของการแจกแจงปรกติ พิจารณาที่ค่าความแตกต่างสูงสุดระหว่างฟังก์ชันเชิงประจักษ์ (empirical function) และฟังก์ชันการแจกแจงสะสมคำนวณได้โดย

$$D = \max\left\{D^+, D^-\right\}$$

$$D^+ = \max_{i=1,...,n}\left\{\frac{1}{n} - p_i\right\}$$

$$D^{-} = \max_{i=1,\dots,n}\left\{p_i - \frac{(i-1)}{n}\right\}$$

โดยที่ $$p_i = \Phi\left(\frac{|x_i - \overline{x}|}{s}\right);\ \Phi = F_0$$

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}{n-1}}$$

เมื่อ Φ คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของการแจกแจงปรกติมาตรฐาน

$\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ยเลขคณิต

s คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n คือจำนวนค่าสังเกต

สำหรับทุกค่าของ $i = 1, 2, 3, \dots, n$

ขั้นตอนการทดสอบ

1. สมมติฐานของการทดสอบ H_0 : ประชากรมีการแจกแจงปรกติ

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงปรกติ

2. สถิติที่ใช้ทดสอบ LF คือ

$$D = \max\left\{D^{+}, D^{-}\right\}$$

$$D^{+} = \max_{i=1,\dots,n}\left\{\frac{1}{n} - p_i\right\}$$

$$D^{-} = \max_{i=1,\dots,n}\left\{p_i - \frac{(i-1)}{n}\right\}$$

$$p_i = \Phi\left(\frac{|x_i - \overline{x}|}{s}\right);\ \Phi = F_0$$

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

3. การตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่า D ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า Z ที่ได้จาก

$$Z = D\left(\sqrt{n} - 0.01 + \frac{0.85}{\sqrt{n}}\right)$$

ตัวอย่างที่ 2.3 การคำนวณสถิติทดสอบ LF จากข้อมูลตัวอย่างขนาด 10 แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลตัวอย่างการคำนวณสถิติทดสอบ LF

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
148	154	158	160	161	162	166	170	182	195

สมมติฐานของการทดสอบ H_0 : ประชากรมีการแจกแจงปรกติ

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงปรกติ

ขั้นตอนการหาค่าสถิติทดสอบ LF มีดังนี้

1. เรียงลำดับข้อมูลจากค่าน้อยไปค่ามาก และคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การคำนวณค่าต่างๆ ของสถิติทดสอบ LF

i	x_i	$z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} = \frac{x_i - 165.6}{13.83}$	$p_i = F_0(z_i)$
1	148	-1.27	0.1020
2	154	-0.84	0.2005
3	158	-0.55	0.2912
4	160	-0.40	0.3446
5	161	-0.33	0.3707
6	162	-0.26	0.3974*
7	166	0.03	0.5120
8	170	0.32	0.6255
9	182	1.19	0.8830
10	195	2.13	0.9834**
ผลรวม	1,656		

* หมายถึง ค่าของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของค่าลบที่มีค่ามากที่สุด

** หมายถึง ค่าของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของค่าบวกที่มีค่ามากที่สุด

โดยที่ $$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

$$= \frac{148+154+158+...+195}{10}$$
$$= \frac{1,656}{10}$$
$$= 165.6$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}$$

$$= \frac{(148-165.6)^2 + (154-165.6)^2 + (158-165.6)^2 + ... + (195-165.6)^2}{10-1}$$
$$= \frac{1,792.40}{9}$$
$$= 191.156$$

$$s = \sqrt{191.156}$$

$$= 13.8259$$

1. คำนวณค่าสถิติทดสอบ LF คือ

$$D = \max\left\{D^+, D^-\right\}$$

$$D^+ = \max_{i=1,\dots,n}\left\{\frac{i}{n} - p_i\right\}$$
$$= \frac{10}{10} - 0.9834$$

$$= 1 - 0.9834$$

$$= 0.0166$$

$$D^- = \max_{i=1,\dots,n}\left\{p_i - \frac{(i-1)}{n}\right\}$$
$$= 0.3974 - \frac{(6-1)}{10}$$
$$= 0.3974 - 0.5$$
$$= -0.1026$$

จาก $D = \max\left\{D^+, D^-\right\} = \max\left\{0.0166, -0.1026\right\} = 0.0166$

2. การตัดสินใจยอมรับสมมติฐานเมื่อ D ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ -0.126 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า

$$Z = D\left(\sqrt{n} - 0.01 + \frac{0.85}{\sqrt{n}}\right)$$

$$= -0.126\left(\sqrt{10} - 0.01 + \frac{0.85}{\sqrt{10}}\right)$$

$$= 0.057$$

นั่นคือประชากรมีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3.4 สถิติทดสอบ Anderson-Darling (AD) (Stephens, 1986)

Anderson and Darling ในปี 1954 ได้เสนอสถิติทดสอบที่ใช้สำหรับทดสอบการแจกแจงปรกติ เมื่อข้อมูลอยู่ในสเกลอันดับ (Ordinal Scale) หรือลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบต่อเนื่อง ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$AD = -n - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[2i-1]\left[\ln p_i + \ln\left(1 - p_{n-i+1}\right)\right]$$

$$p_i = \Phi\left(\frac{\left|x_{(i)} - \overline{x}\right|}{s}\right) \; ; \; \Phi = F_0$$

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)^2}{n-1}}$$

เมื่อ Φ คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของการแจกแจงปรกติมาตรฐาน

$\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ยเลขคณิต

s คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n คือจำนวนค่าสังเกต

สำหรับทุกค่าของ $i = 1, 2, 3, \ldots, n$

ขั้นตอนการทดสอบ

1. สมมติฐานของการทดสอบ H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ

H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงปรกติ

2. สถิติที่ใช้ทดสอบ $AD = -n - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[2i-1]\left[\ln p_i + \ln\left(1 - p_{n-i+1}\right)\right]$

3. การตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่า AD ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า Z ที่ได้จาก

$$Z = AD\left(1.0 + \frac{0.75}{n} + \frac{2.25}{n^2}\right)$$

ตัวอย่างที่ 2.4 การคำนวณสถิติทดสอบ AD จากข้อมูลตัวอย่างขนาด 10 แสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ข้อมูลตัวอย่างการคำนวณสถิติทดสอบ AD

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
148	154	158	160	161	162	166	170	182	195

สมมติฐานของการทดสอบ H_0 : ประชากรมีการแจกแจงปรกติ

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงปรกติ

ขั้นตอนการหาค่าสถิติทดสอบ AD มีดังนี้

1. เรียงลำดับข้อมูลจากค่าน้อยไปค่ามาก และคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 การคำนวณค่าต่างๆ ของสถิติทดสอบ AD

i	x_i	$z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} = \frac{x_i - 165.6}{13.83}$	$p_i = F_0(z_i)$	$\ln p_i$
1	148	-1.27	0.1020	-2.2828
2	154	-0.84	0.2005	-1.6069
3	158	-0.55	0.2912	-1.2337
4	160	-0.40	0.3446	-1.0653
5	161	-0.33	0.3707	-0.9923
6	162	-0.26	0.3974	-0.9228
7	166	0.03	0.5120	-0.6694
8	170	0.32	0.6255	-0.4692
9	182	1.19	0.8830	-0.1244
10	195	2.13	0.9834	-0.0167
ผลรวม	1,656			

ตารางที่ 2.8 การคำนวณค่าต่างๆ ของสถิติทดสอบ AD (ต่อ)

i	$1-p_{n+1-i}$	$\ln\left(1-p_{n+1-i}\right)$	$(2i-1)\left[\ln p_i + \ln\left(1-p_{n+1-i}\right)\right]$
1	0.0166	-4.0983	-6.3811
2	0.1170	-2.1455	-11.2572
3	0.3745	-0.9821	-11.0790
4	0.4880	-0.7174	-12.4789
5	0.6026	-0.5065	-13.4892
6	0.6293	-0.4631	-15.2449
7	0.6554	-0.4225	-14.1947
8	0.7088	-0.3441	-12.1995
9	0.7995	-0.2237	-5.9177
10	0.8980	-0.1075	-2.3598
ผลรวม			-104.602

โดยที่

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = \frac{148+154+158+\ldots+195}{10} = \frac{1,656}{10} = 165.6$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)^2}{n-1}$$

$$= \frac{(148-165.6)^2+(154-165.6)^2+(158-165.6)^2+\ldots+(195-165.6)^2}{10-1}$$

$$= \frac{1,792.40}{9} = 191.156$$

$$s = \sqrt{191.156} = 13.8259$$

2. คำนวณค่าสถิติทดสอบ AD คือ

$$AD = -n - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[2i-1\right]\left[\ln p_i + \ln\left(1-p_{n-i+1}\right)\right]$$

$$= -10 - \left[\frac{1}{10}\left(-6.3811 + (-11.2572) + (-11.0790) + \ldots + (-2.3598)\right)\right]$$

$$= 0.4602$$

3. การตัดสินใจยอมรับสมมติฐานเมื่อ AD ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.46108 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า

$$Z = AD\left(1.0 + \frac{0.75}{n} + \frac{2.25}{n^2}\right)$$

$$= 0.4602\left(1.0 + \frac{0.75}{10} + \frac{2.25}{10^2}\right)$$

$$= 0.4602(1 + 0.075 + 0.0225)$$

$$= 0.5051$$

นั่นคือประชากรมีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3.5 สถิติทดสอบ Cramer-von Mises (CVM) (สิริทิพ วะศินรัตน์, 2549)

Anderson (1962) เป็นผู้เสนอตัวสถิติทดสอบนี้ ซึ่งใช้หลักการประมาณระยะห่างที่น้อยที่สุดของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมตามการแจกแจงที่คาดไว้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับฟังก์ชันการแจกแจงความถี่สัมพัทธ์สะสมของตัวอย่างคำนวณได้ดังนี้

$$CVM = \frac{1}{12n} + \sum_{i=1}^{n}\left(p_i - \frac{2i-1}{2n}\right)^2$$

$$p_i = \Phi\left(\frac{\left|x_{(i)} - \overline{x}\right|}{s}\right) \;;\; \Phi = F_0$$

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}{n-1}}$$

เมื่อ Φ คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของการแจกแจงปรกติมาตรฐาน

$\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ยเลขคณิต

s คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n คือจำนวนค่าสังเกต

สำหรับทุกค่าของ $i = 1, 2, 3, \ldots, n$

ขั้นตอนการทดสอบ

1. สมมติฐานของการทดสอบ H_0 : ประชากรมีการแจกแจงปรกติ

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงปรกติ

2. สถิติที่ใช้ทดสอบ $$CVM = \frac{1}{12n} + \sum_{i=1}^{n}\left(p_i - \frac{2i-1}{2n}\right)^2$$

3. การตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่า CVM ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า Z ที่ได้จาก

$$Z = CVM\left(1.0 + \frac{0.5}{n}\right)$$

ตัวอย่างที่ 2.5 การคำนวณสถิติทดสอบ CVM จากข้อมูลตัวอย่างขนาด 10 แสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ข้อมูลตัวอย่างการคำนวณสถิติทดสอบ CVM

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
148	154	158	160	161	162	166	170	182	195

สมมติฐานของการทดสอบ H_0 : ประชากรมีการแจกแจงปรกติ

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงปรกติ

ขั้นตอนการหาค่าสถิติทดสอบ CVM มีดังนี้

1. เรียงลำดับข้อมูลจากค่าน้อยไปค่ามาก และคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 การคำนวณค่าต่างๆ ของสถิติทดสอบ CVM

i	x_i	$z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} = \frac{x_i - 165.6}{13.83}$	$p_i = F_0(z_i)$	$\left(p_i - \frac{2i-1}{2n}\right)^2$
1	148	-1.27	0.1020	0.0027
2	154	-0.84	0.2005	0.0026
3	158	-0.55	0.2912	0.0017
4	160	-0.40	0.3446	0.00003
5	161	-0.33	0.3707	0.0063
6	162	-0.26	0.3974	0.0233
7	166	0.03	0.5120	0.0190
8	170	0.32	0.6255	0.0155
9	182	1.19	0.8830	0.0011
10	195	2.13	0.9834	0.0011
ผลรวม	1,656			0.0733

โดยที่

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$
$$= \frac{148+154+158+...+195}{10}$$
$$= \frac{1,656}{10}$$
$$= 165.6$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \overline{x}\right)^2}{n-1}$$

$$= \frac{(148-165.6)^2 + (154-165.6)^2 + (158-165.6)^2 + ... + (195-165.6)^2}{10-1}$$
$$= \frac{1,792.40}{9}$$
$$= 191.156$$
$$s = \sqrt{191.156}$$
$$= 13.8259$$

2. คำนวณค่าสถิติทดสอบ CVM คือ

$$CVM = \frac{1}{12n} + \sum_{i=1}^{n}\left(p_i - \frac{2i-1}{2n}\right)^2$$

$$= \frac{1}{12(10)} + (0.0733)^2$$

$$= 0.0816$$

3. การตัดสินใจยอมรับสมมติฐานเมื่อ CVM ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.0816 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า

$$Z = CVM\left(1.0 + \frac{0.5}{n}\right)$$

$$= 0.0816\left(1.0 + \frac{0.5}{10}\right)$$

$$= 0.0816(1.0 + 0.05)$$

$$= 0.0857$$

นั่นคือประชากรมีการแจกแจงปรกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3.6 สถิติทดสอบ Pearson Chi-square (PCS) (อุมาพร จันทศร, 2542)

Karl Pearson (1900) เสนอสถิติทดสอบไคกำลังสองด้วยขนาด N ถูกสุ่มจากประชากรที่ไม่ทราบฟังก์ชันการแจกแจงแบบสะสม (Cumulative Distribution Function ; F_x) สมมติฐานเบื้องต้น คือ

H_0 : $F_x(X) = F_0(X)$ สำหรับทุกค่า X

H_1 : $F_x(X) \neq F_0(X)$ สำหรับบางค่า X

การที่จะใช้การทดสอบไคกำลังสอง ต้องจัดข้อมูลตัวอย่างขนาด N ออกเป็นกลุ่มย่อยๆ และบันทึกความถี่ (Frequency) ที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่ม กรณีที่ข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพการจัดกลุ่มอาจจัดได้ตามลักษณะข้อมูล ซึ่งอาจเป็นตัวเลขหรือไม่เป็นตัวเลขก็ได้ ดังนั้นการทดสอบไคกำลังสองจึงเหมาะสมกับข้อมูลที่บันทึกความถี่ในกลุ่มต่างๆ นั่นคือ การแจกแจงที่น่าจะเหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ คือ การแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Distribution) โดยมีสูตรการทดสอบ คือ

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k}\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

เมื่อ k = จำนวนกลุ่มต่างๆ ที่ข้อมูลตัวอย่างจัดเป็นกลุ่มๆ

O_i = ความถี่ที่สังเกตได้จากข้อมูลตัวอย่างกลุ่มที่ i , $i = 1,2,3,...,k$

E_i = ความถี่ที่คาดหวังเมื่อ H_0 เป็นจริงจากกลุ่มที่ i , $i = 1,2,3,...,k$

$$\sum_{i=1}^{k} O_i = \sum_{i=1}^{k} E_i = N$$

จะปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น เมื่อค่า χ^2 มีค่าใหญ่ โดยอาณาเขตวิกฤต ประมาณได้ด้วยการแจกแจงไคกำลังสองที่ $d.f. = k-1-m$ เมื่อ N มีขนาดใหญ่ และ m เป็นจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า ซึ่งค่า m จะแตกต่างไปตามการแจกแจงแบบต่างๆ เช่น การแจกแจงทวินามถ้าจำเป็นต้องประมาณพารามิเตอร์ ค่าสัดส่วนที่สนใจ p แทนด้วยค่าสถิติ $\hat{p}$ เมื่อ $\hat{p} = \frac{\bar{x}}{n}$ ดังนั้น $m=1$ เมื่อ $n =$ จำนวนครั้งที่ทำการทดลองใน 1 การทดลอง การแจกแจงปัวซงถ้าจำเป็นต้องประมาณพารามิเตอร์ ค่าเฉลี่ย λ ด้วยค่าสถิติ $\hat{\lambda}$ เมื่อ $\hat{\lambda} = \bar{x}$ ดังนั้น $m=1$

เมื่อคำนวณค่าของตัวสถิติ χ^2 แล้ว จึงพิจารณาว่า χ^2 นี้ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤตที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบหรือไม่ เมื่ออาณาเขตวิกฤต คือ บริเวณที่ค่า χ^2 มีพื้นที่ด้านขวาของโค้งการแจกแจงของ $\chi^2 = \alpha$ เสมอ การใช้การแจกแจงไคกำลังสอง ประมาณการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบ χ^2 จะดีเมื่อ N มีขนาดใหญ่ และ E_i ; $i = 1,2,3,...,k$ ควรมีค่าอย่างน้อย 5 ขึ้นไป ในกรณีที่ค่า E_i มีค่าน้อยกว่า 5 จำเป็นต้องมีการปรับให้มีค่าตั้งแต่ 5 ขึ้นไป โดยรวมกลุ่มเข้าด้วยกัน ค่า E_i น้อยกว่า 1 ในกรณีที่ไม่สามารถรวมกลุ่มเข้าด้วยกันได้ เนื่องจากความหมายอาจจะเปลี่ยนไป จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มขนาดตัวอย่าง N ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

ขั้นตอนการทดสอบ

1. สมมติฐานของการทดสอบ $H_0 \;:\; F_x(X) = F_0(X)$ สำหรับทุกค่า X

   $H_1 \;:\; F_x(X) \neq F_0(X)$ สำหรับบางค่า X

2. สถิติที่ใช้ทดสอบ $\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

3. การตัดสินใจ ปฏิเสธสมมติฐานเมื่อค่า PCS ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า PCS ที่ได้จากตารางการแจกแจงไคกำลังสองที่ d.f. = k - 1- m

ตัวอย่างที่ 2.6 การคำนวณสถิติทดสอบ PCS เมื่อมีการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง แสดงในตารางที่ 2.11 ข้อมูลตัวอย่างการคำนวณสถิติทดสอบ PCS เมื่อมีการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง จากการสังเกตลูกกระต่าย 80 ครอก ซึ่งแต่ละครอกมีลูกกระต่าย 3 ตัว ได้การแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกกระต่ายตัวผู้ในแต่ละครอก ดังนี้

ตารางที่ 2.11 ข้อมูลตัวอย่างการคำนวณสถิติทดสอบ PCS

จำนวนลูกกระต่ายตัวผู้ในแต่ละครอก ; X	0	1	2	3	รวม
จำนวนครอก	20	31	22	7	80

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ให้ทดสอบดูว่า การแจกแจงของลูกกระต่ายตัวผู้ในแต่ละครอกมีการแจกแจงแบบใด

จากความรู้เกี่ยวกับการแจกแจงแบบต่างๆ ที่ศึกษาผ่านมาคาดว่าข้อมูลชุดนี้น่าจะมีการแจกแจงทวินาม

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : การแจกแจงของจำนวนลูกกระต่ายตัวผู้ในแต่ละครอกเป็นทวินาม

H_1 : การแจกแจงของจำนวนลูกกระต่ายตัวผู้ในแต่ละครอกไม่เป็นทวินาม

ขั้นตอนการหาค่าสถิติทดสอบ PCS มีดังนี้

1. ไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ p ของการแจกแจง จำเป็นต้องประมาณเพื่อใช้หาค่า $E_i = np_i$ จะได้

ค่าเฉลี่ยของ $X = \dfrac{0(20)+1(31)+2(22)+3(7)}{80} = 1.2$

จากการแจกแจงทวินาม ค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่ม คือ $E(X) = np$ ดังนั้น $np = 1.2$

และจำเป็นต้องประมาณค่า p ด้วย $\widehat{p} = \dfrac{1.2}{3} = 0.4$ จากการแจกแจงทวินามในภาคผนวกที่ $n = 3$ และ $p = 0.4$ ได้ค่าความน่าจะเป็นของค่า X ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 การแจกแจงทวินามในภาคผนวก ข ที่ $n = 3$ และ $p = 0.4$

X_i	$P(x_i)$	$E_i = np(x_i)$	O_i	$\dfrac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
0	0.2160	$17.28 \cong 17$	20	0.529
1	0.4320	$34.65 \cong 35$	31	0.457
2	0.2880	$23.04 \cong 23$	22	0.043
3	0.0640	5	7	0.800
		80	80	1.829

จะพบว่าไม่มีค่า E_i ; $i = 1,2,3,4$ ใดๆ มีค่าน้อยกว่า 5 จึงไม่มีความจำเป็นต้องปรับตาราง

2. คำนวณค่าสถิติทดสอบ PCS คือ

$$\chi^2_{cal} = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$= 1.829$$

3. การตัดสินใจยอมรับสมมติฐานเมื่อ PCS ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 1.829 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าอาณาเขตวิกฤต $d.f. = k - 1 - m$ เท่ากับ $4 - 1 - 1 = 2$ นั่นคือ $\chi^2_{0.05,2} = 5.99$

นั่นคือ การแจกแจงของลูกกระต่ายตัวผู้ในแต่ละครอกซึ่งมีขนาด 3 มีการแจกแจงทวินามที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอย่างที่ 2.7 การคำนวณสถิติทดสอบ PCS เมื่อมีการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง แสดงในตารางที่ 2.13 ข้อมูลตัวอย่างการคำนวณสถิติทดสอบ PCS เมื่อมีการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง ของโรงงานผลิตนมสดระบบยูเอชที (UHT) แห่งหนึ่ง ทำการตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียในนมแต่ละกล่อง จำนวน 280 กล่อง ที่ผลิตออกมาจากโรงงานแห่งนี้ได้ข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 2.13 ข้อมูลตัวอย่างการคำนวณสถิติทดสอบ PCS

ปริมาณแบคทีเรีย (ต่อกล่อง)	จำนวน (กล่อง)
0	144
1	91
2	32
3	11
4	2
5 หรือมากกว่า	0

ให้ตรวจสอบว่าการแจกแจงของปริมาณแบคทีเรียต่อกล่องเป็นแบบใด เมื่อใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05

ให้ X แทน ปริมาณแบคทีเรีย (ต่อกล่อง) การแจกแจงของ X น่าจะเป็นการแจกแจงปัวซง

สมมติฐานของการทดสอบ H_0 : การแจกแจงของตัวแปรสุ่ม X เป็นปัวซง

H_1 : การแจกแจงของตัวแปรสุ่ม X ไม่เป็นปัวซง

ขั้นตอนการหาค่าสถิติทดสอบ PCS มีดังนี้

1. ไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ λ จำเป็นต้องประมาณค่า จาก $\bar{X}$ จากข้อมูลข้างต้น จะได้ $\bar{X} = 0.7$ สามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่ค่า X ต่างๆ จากตารางการแจกแจงปัวซงที่ $\lambda = 0.7$ ได้ดังตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 ค่าความน่าจะเป็นที่ค่า X ต่างๆ จากตารางการแจกแจงปัวซงที่ $\lambda = 0.7$

X_i	$P(x_i)$	$n = 280$ $E_i = np(x_i)$	O_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
0	0.4966	$139.05 \cong 139$	144	0.179
1	0.3476	$97.33 \cong 97$	91	0.371
2	0.1217	$34.08 \cong 34$	32	0.118
3	0.0284	7.95	11	
4	0.0050	1.40 $\cong 10$	2 $= 13$	0.9
5 หรือมากกว่า	0.0007	0.20	0	
		280	280	1.568

2. คำนวณค่าสถิติทดสอบ PCS คือ

$$\chi^2_{cal} = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$= 1.568$$

3. การตัดสินใจยอมรับสมมติฐานเมื่อ PCS ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 1.568 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าอาณาเขตวิกฤต $d.f. = k-1-m$ เท่ากับ $4-1-1=2$ (เมื่อจัดกลุ่มใหม่แล้วให้ทุกกลุ่มมีค่า $E_i \geq 5$ จะได้จำนวนกลุ่มทั้งหมด เท่ากับ $4 = k$) จะได้ $\chi^2_{0.05,2} = 5.99$

นั่นคือ การแจกแจงของปริมาณแบคทีเรีย (ต่อกล่อง) มีการแจกแจงปัวซงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.4 ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้สนใจที่จะศึกษาการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบสำหรับการแจกแจงปรกติที่ให้กำลังการทดสอบสูงที่สุดและมีความผิดพลาดแบบที่ 1 ต่ำที่สุดได้มีผู้ศึกษาไว้อย่างหลากหลาย ในที่นี้ได้รวบรวมผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ เช่น

Kolmogorov (1933) และ Smirnov (1939) เป็นนักคณิตศาสตร์ชาวรัสเซียได้เสนอการทดสอบการแจกแจงของประชากรว่ามาจากการแจกแจงปรกติหรือไม่ เช่นเดียวกับ Anderson และ Darling ในปี 1954 ได้เสนอการทดสอบ Anderson–Darling

Shapiro และ Wilk (1965) ได้เสนอสถิติทดสอบ W (Shapiro and Wilk) ซึ่งเป็นสถิติทดสอบที่ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน มาทดสอบการแจกแจงของข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติเหมาะสมที่จะทดสอบในขนาดตัวอย่างระหว่าง 3 ถึง 50 Mehme และ Akin (2003) ได้เปรียบเทียบกำลังการทดสอบ 3 การทดสอบคือ Kolmogorov และ Smirnov สถิติทดสอบ Shapiro และ Wilk และสถิติทดสอบ Lilliefors พบว่าสถิติทดสอบ Shapiro และ Wilk มีกำลังการทดสอบสูงสุด

Stephens (1974) ศึกษาเปรียบเทียบสถิติทดสอบ 5 วิธี ประกอบด้วย สถิติทดสอบ Kolmogorov – Smirnov (KS) สถิติทดสอบ Cramer-Von Mises (W^2) สถิติทดสอบ Kuiper V (V) สถิติทดสอบ Watson’s test (U^2) และสถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) สรุปว่า การทดสอบuniformity เมื่อการแจกแจงของประชากรที่คาดไว้ภายใต้ H_0 ถูกกำหนดไว้อย่างชัดเจน สถิติทดสอบ ทดสอบ Kolmogorov – Smirnov (KS) สถิติทดสอบ Cramer-Von Mises

(W^2) และสถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) จะตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยได้ดี ส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Cramer-Von Mises (W^2) และสถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) จะมีกำลังการทดสอบดีกว่าสถิติทดสอบKolmogorov – Smirnov (KS) สถิติทดสอบ Kuiper V (V) และสถิติทดสอบ Watson’s test (U^2) จะตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าความแปรปรวนได้ดี พบว่าสถิติทดสอบ Watson’s test (U^2) มีกำลังการทดสอบดีกว่าสถิติทดสอบ Kuiper V (V) แต่ไม่มากนัก ในการทดสอบ uniformity สำหรับการแจกแจงของประชากรเป็นปรกติ ไม่ทราบค่าพารามิเตอร์พบว่าสถิติทดสอบ Kolmogorov – Smirnov (KS) มีกำลังการทดสอบน้อยที่สุด สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) และสถิติทดสอบ Cramer-Von Mises (W^2) จะมีกำลังการทดสอบดีที่สุด

D’Agostino และ Pearson (1973, 1990) ศึกษาอำนาจสถิติทดสอบ $\sqrt{\beta_1}$ ใช้ทดสอบความเบ้ของการแจกแจงและสถิติทดสอบ β_2 ใช้ทดสอบความโด่งของการแจกแจง ซึ่งใช้ทดสอบการแจกแจงที่เบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงปรกติและพบว่าเป็นสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบที่ดี จึงได้นำ สถิติทดสอบ $\sqrt{\beta_1}$ และสถิติทดสอบ β_2 มาสร้างสถิติทดสอบ D’Agostino and Pearson chisquare test เพื่อใช้ทดสอบการแจกแจงปรกติ

รวมพร (2543) ศึกษาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของวิธีการทดสอบการแจกแจงปรกติต่างๆ พบว่าตัวสถิติ Shapiro–wilk (W) และตัวสถิติ Shapiro-Francia ให้อำนาจในการทดสอบสูงกว่ากำลังการทดสอบของ Chi-Square และในบางกรณีตัวสถิติ Shapiro-Francia มีอำนาจสูงกว่าตัวสถิติ Shapiro–wilk (W) นอกจากนี้ตัวสถิติ Shapir–wilk (W) และตัวสถิติ Shapiro-Francia ได้รับความนิยมนำไปใช้ในการทดสอบการแจกแจงปรกติและปรากฏอยู่ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เช่น SAS, BMDP, SPSS, P-Stat และ Minitab เป็นต้น

สายทอง (2547) ศึกษาเปรียบเทียบของตัวสถิติทดสอบ 5 วิธีที่ใช้ในการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีข้อมูลกลุ่มเดียว การแจกแจงปรกติ การแจกแจงลอกนอร์มอล การแจกแจงเลขชี้กำลัง และการแจกแจงไวบูล สถิติที่ใช้ทดสอบได้แก่ สถิติทดสอบ KS สถิติทดสอบ $\delta-corrected$ KS ที่ $\delta=0$ และ 1 สถิติทดสอบ Generalize λ^2 และสถิติทดสอบ AD (Anderson–Darling test) เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบจะพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ด้วยเกณฑ์ของแบรดเลย์ และกำลังของการทดสอบภายใต้ระดับ

นัยสำคัญ (α) พบว่าสถิติทดสอบทั้ง 5 วิธี สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ และเมื่อพิจารณากำลังของการทดสอบโดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Generalize λ^2 ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงสุด สำหรับการทดสอบการแจกแจงปรกติ สถิติทดสอบ AD ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงสุด สำหรับการแจกแจงลอกนอร์มอล และโดยส่วนใหญ่สถิติทดสอบ Generalize λ^2 ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงสุด สำหรับการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีในการแจกแจงแบบต่อเนื่อง สรุปผลได้ทั้งตัวอย่างขนาดใหญ่และตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มค่ากำลังของการทดสอบจะเพิ่มขึ้น

สิริทิพ (2549) ศึกษาเปรียบเทียบระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริงและกำลังการทดสอบของภาวะรูปสนิทดีโดยใช้สถิติไลด์ลิฮูด เรโชว์ สำหรับทดสอบการแจกแจงปรกติและข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่ปรกติ ผลการศึกษาพบว่า กรณีที่ต้องการทดสอบการแจกแจงปรกติของข้อมูล เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เกิน 100 ตัว ตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมที่สุดคือ Shapiro–Wilk Statistic เนื่องจากสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริงได้ดีและมีกำลังการทดสอบสูง แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ตัวสถิติที่เหมาะสมคือ Anderson-Darling Statistic based on the likelihood ratio เพราะสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริงได้ดีและมีกำลังการทดสอบรองจาก Shapiro–Wilk Statistic และ Shapiro–Francia Statistic

เบญจา (2552) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงปรกติมาตรฐานทั้ง 6 ตัว ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบ KS, A, W, D, K^2 และ G เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1และกำลังการทดสอบ ได้จำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ปรกติปลอมปน ที ไคกำลังสอง เบต้า แกมมา ไวบูล และลาปาส ผลการศึกษาพบว่า ตัวสถิติทดสอบ KS, A, W, G สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบ K^2 และ G มีกำลังการทดสอบสูงในกรณีข้อมูลมีตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เปรียบเทียบกำลังการทดสอบโดยส่วนใหญ่ พบว่าตัวสถิติทดสอบ W มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ A, K^2, G, KS

วนัช (2554) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสัมประสิทธิ์การแปรผันในการแจกแจงปัวซง การแจกแจงเรขาคณิต การแจกแจกเอกรูปต่อเนื่อง และการแจกแจงแกมมา โดยพิจารณาความน่าจะเป็นที่ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของตัวอย่างจะอยู่นอกช่วงขอบเขตสัมประสิทธิ์การแปรผันของประชากร กำหนดให้ขนาดตัวอย่างเป็น 10 20 30 50 และ 100 ตัวอย่าง ผลการศึกษา คือการแจกแจงปัวซง สัมประสิทธิ์การแปรผันของตัวอย่างจะมีประสิทธิภาพที่ดี เมื่อ $\lambda > 1$ และตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อ $\lambda \geq 6$ สัมประสิทธิ์การแปรผันของตัวอย่างจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับทุกขนาดตัวอย่างการแจกแจงเรขาคณิต สัมประสิทธิ์การแปรผันของตัวอย่างจะมีประสิทธิภาพที่ดี เมื่อ $p > 0.1$ และตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อ $p \geq 0.9$ สัมประสิทธิ์การแปรผันของตัวอย่างจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง การแจกแจงเอกรูปต่อเนื่อง สัมประสิทธิ์การแปรผันของตัวอย่างจะมีประสิทธิภาพที่ดี เมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ การแจกแจงแกมมา ประสิทธิ์ภาพการแปรผันของตัวอย่างจะมีประสิทธิภาพที่ดี เมื่อ $\alpha > 1$ และตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อ $\alpha \geq 5$ ประสิทธิภาพการแปรผันของตัวอย่างจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงปรกติของชุดคำสั่งนอร์เทสต์ในโปรแกรมอาร์ ได้แก่ สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF) สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM) และสถิติทดสอบ Pearson Chi-square (PCS)

ในการทำวิจัยนี้ศึกษาโดยการจำลองข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.0.2 ในการทำวิจัย เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบดังกล่าว

3.1 การวางแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดสถานการณ์ในการศึกษาเปรียบเทียบ ดังนี้

3.1.1 กำหนดขนาดตัวอย่าง 20 30 50 70 และ 100

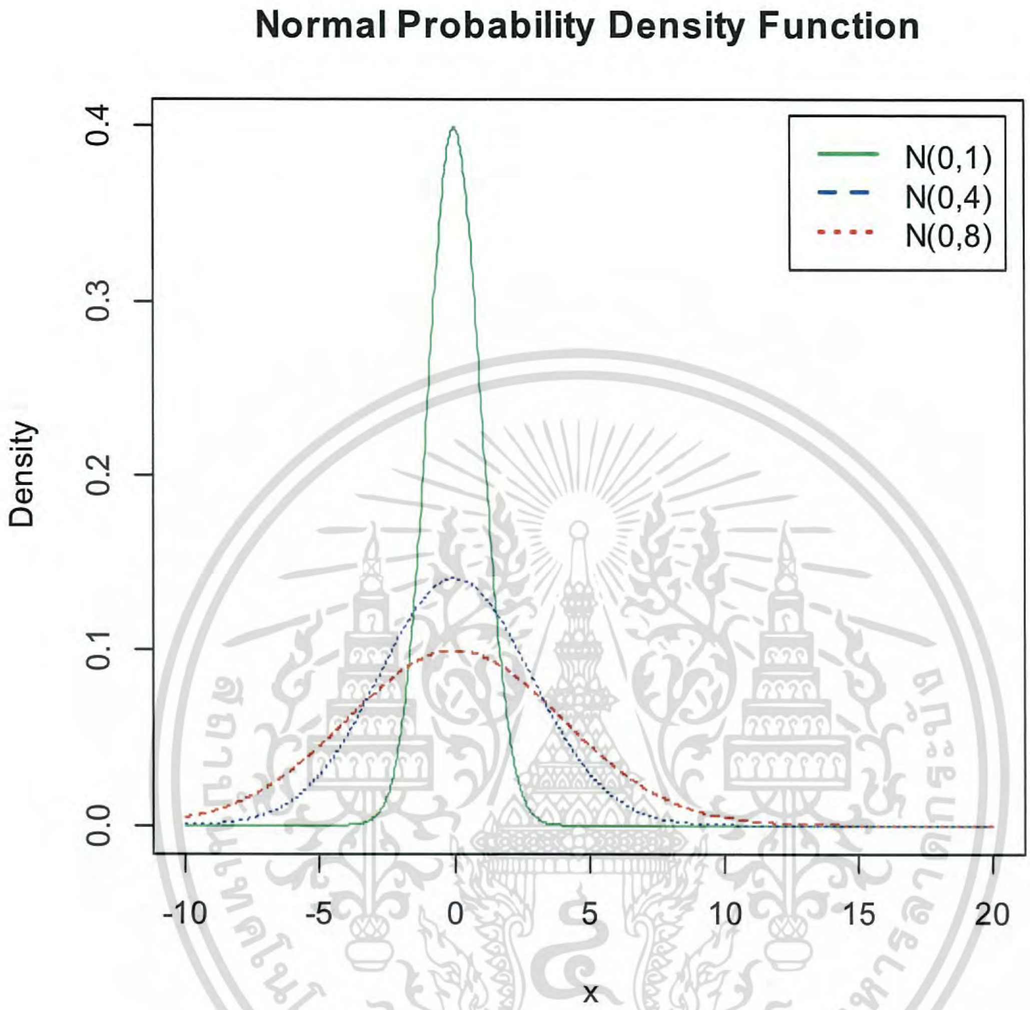
3.1.2 กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

3.1.3 จำลองข้อมูล (Simulation) ให้มีรูปแบบการแจกแจงปรกติ ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งมีพารามิเตอร์ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของการแจกแจงปรกติ

การแจกแจง	$E(X)=\mu$	$Var(X)=\sigma^2$
ปรกติ	0	1
ปรกติ	0	4
ปรกติ	0	8

การแจกแจงปรกติ N(μ,σ^2) ที่ N(0,1) N(0,4) และ N(0,8) แสดงดังรูปที่ 3.1



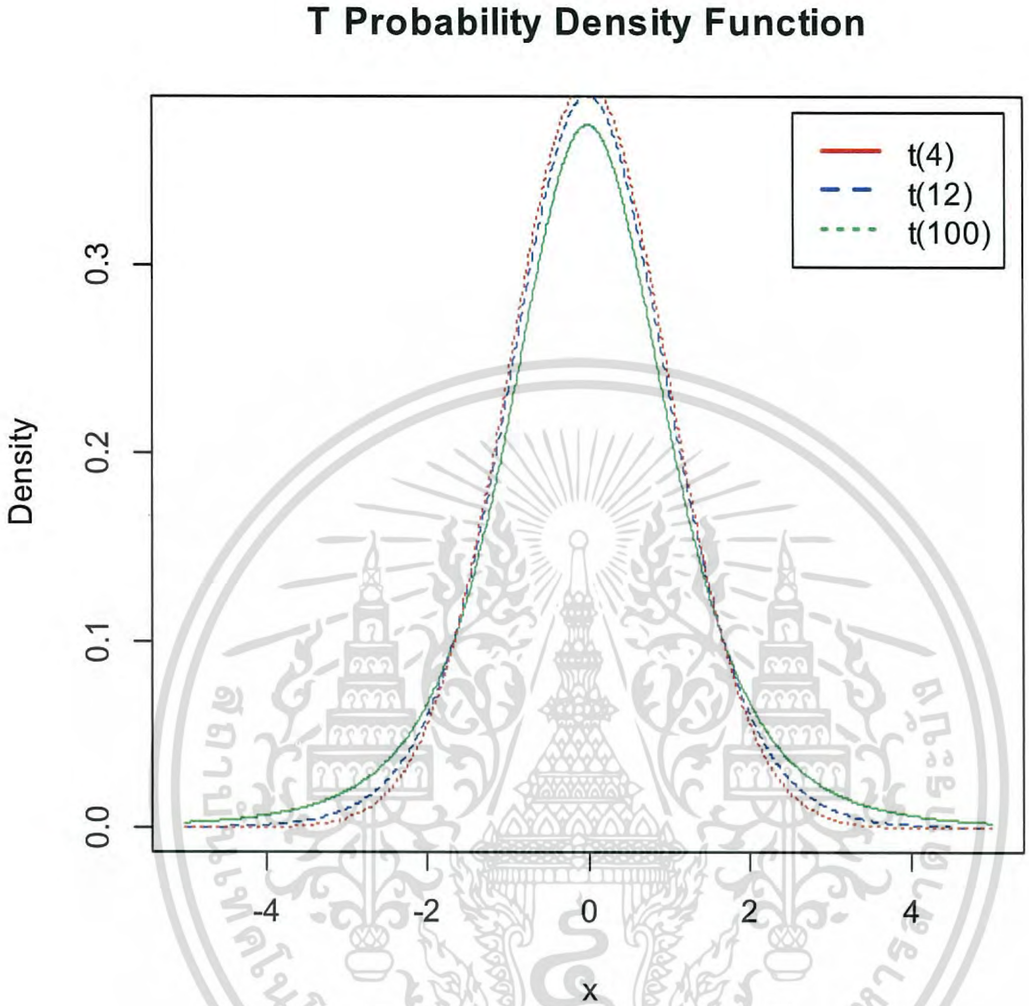
รูปที่ 3.1 การแจกแจงปรกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 0 0 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1 4 8

3.1.4 จำลองข้อมูล (Simulation) ให้มีรูปแบบการแจกแจงที ดังตารางที่ 3.2 ซึ่งมีพารามิเตอร์ดังนี้

ตารางที่ 3.2 องศาเสรี ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของการแจกแจงที

การแจกแจง	องศาเสรี (v)	$E(X)=0$	$Var(X)=\frac{v}{v-2}$
ที	4	0	2
ที	12	0	1.2
ที	100	0	1.02

การแจกแจงแบบที (t_v) ที่ t_4 t_{12} และ t_{100} แสดงดังรูปที่ 3.2



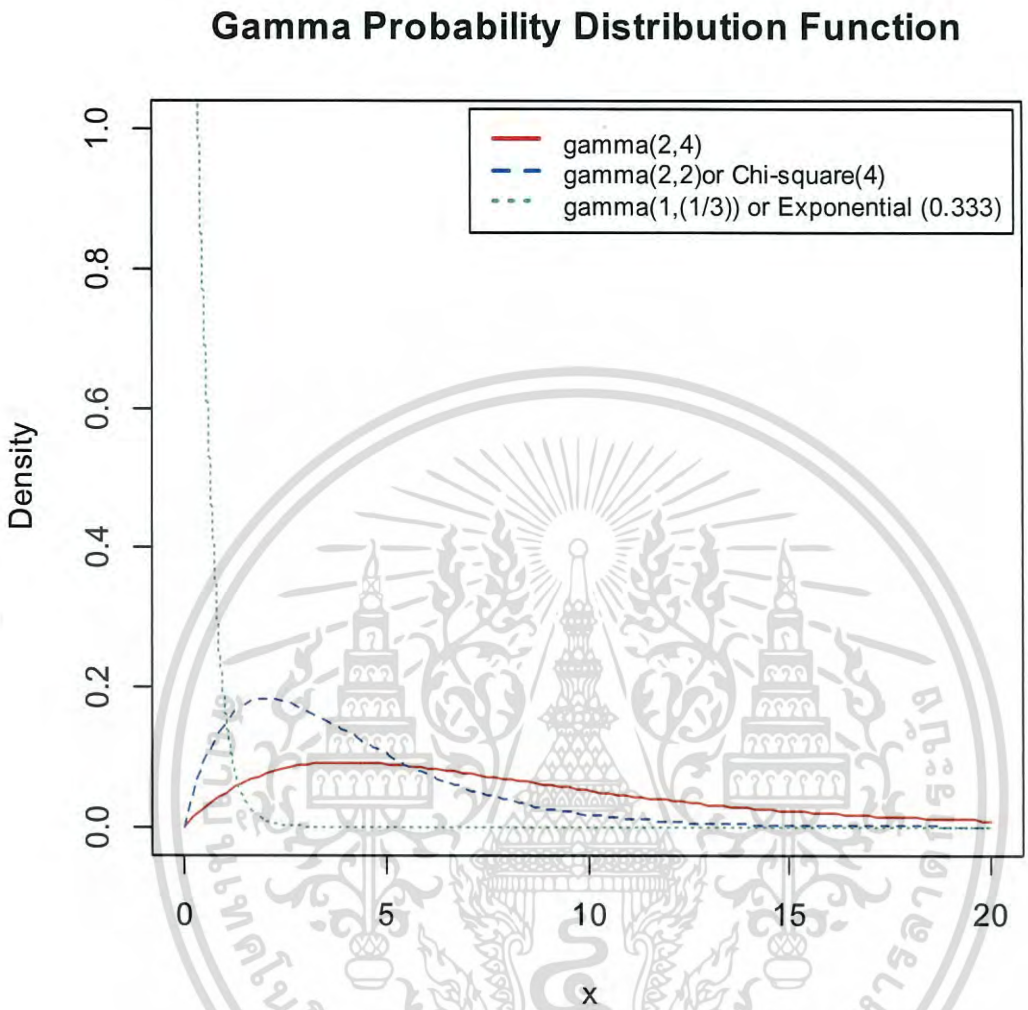
รูปที่ 3.2 การแจกแจงทีที่มีองศาเสรีเท่ากับ 4 12 100

3.1.5 จำลองข้อมูล (Simulation) ให้มีรูปแบบการแจกแจงแกมมา ดังตารางที่ 3.3 ซึ่งมีพารามิเตอร์ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของการแจกแจงแกมมา

การแจกแจง	α	β	$E(X)=\alpha\beta$	$Var(X)=\alpha\beta^2$
แกมมา	2	4	8	32
แกมมา	2	2	4	8
แกมมา	1	1/3	0.333	0.111

การแจกแจง Gamma(2,4) Gamma(2,2) และ Gamma(1,(1/3)) แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α) เท่ากับ 2 2 และ 1 และค่าพารามิเตอร์ (β) เท่ากับ 4 2 และ 1/3

3.1.6 จำลองข้อมูล (Simulation) ให้มีรูปแบบการแจกแจงทวินาม ดังตารางที่ 3.4 ซึ่งมีพารามิเตอร์ดังนี้

ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของการแจกแจงทวินาม

การแจกแจง	n	p	$E(X)=np$	$Var(X)=np(1-p)$
ทวินาม	20	0.2	4	3.2
ทวินาม	30	0.2	6	4.8
ทวินาม	50	0.2	10	8
ทวินาม	70	0.2	14	11.2
ทวินาม	100	0.2	20	16

3.1.7 จำลองข้อมูล (Simulation) ให้มีรูปแบบการแจกแจงปัวซง ดังตารางที่ 3.5 ซึ่งมีพารามิเตอร์ดังนี้

ตารางที่ 3.5 ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของการแจกแจงปัวซง

การแจกแจง	λ	$E(X)=\lambda$	$Var(X)=\lambda$
ปัวซง	0.5	0.5	0.5
ปัวซง	5	5	5
ปัวซง	10	10	10
ปัวซง	20	20	20

3.1.8 คำนวณความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการแจกแจงปรกติในทุกสถานการณ์

3.1.9 คำนวณกำลังการทดสอบ จากการแจกแจงที การแจกแจงแกมมา การแจกแจงทวินามและการแจกแจงปัวซง ในทุกสถานการณ์

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะดำเนินงานตามขั้นตอนโดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนในการคำนวณความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (α)

3.2.1.1 จำลองข้อมูลในแต่ละขนาดจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติให้มีพารามิเตอร์ตามที่ต้องการ โดยโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.0.2

3.2.1.2 คำนวณสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว ได้แก่ สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF) สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM) และสถิติทดสอบ Pearson Chi–square (PCS) โดยใช้คำสั่งจากโปรแกรมอาร์ (R)

3.2.1.3 สรุปผลการปฏิเสธสมมติฐานว่าง ในแต่ละระดับนัยสำคัญโดยการเทียบระดับนัยสำคัญกับค่า p-value

3.2.1.4 ทำซ้ำข้อ 3.2.1.1 - 3.2.1.3 จนครบ 5,000 ครั้ง แล้วทำการหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) ดังนี้

$$\text{ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ เป็นจริง}}{5{,}000}$$

ถ้าความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสำหรับแต่ละสถานการณ์มีค่าอยู่ในช่วงที่ได้กำหนดไว้ในเกณฑ์ของการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบ ได้แก่ เกณฑ์ของ Bradley (1978) และเกณฑ์ของ Cochran (1954) จะถือว่าสถิติทดสอบนั้นมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ โดยที่มีรายละเอียดของเกณฑ์ Bradley (1978) และเกณฑ์ของ Cochran (1954) ดังนี้

เกณฑ์ของ Bradley (1978)

ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.005,0.015) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.025,0.075) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.08,0.12) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จะสรุปได้ว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

เกณฑ์ของ Cochran (1954)

ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.007,0.015) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.04,0.06) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.08,0.12) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จะสรุปได้ว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

3.2.2 ขั้นตอนในการคำนวณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ $(1-\beta)$

3.2.2.1 จำลองข้อมูลในแต่ละขนาดจากประชากรที่มีการแจกแจงที การแจกแจงแกมมา การแจกแจงทวินาม และการแจกแจงปัวซง ให้มีพารามิเตอร์และองศาเสรีตามที่ต้องการ ด้วยโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.0.2

3.2.2.2 คำนวณสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ได้แก่ สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF) สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM) และสถิติทดสอบ Pearson Chi–square (PCS) โดยใช้คำสั่งจากโปรแกรมอาร์ (R)

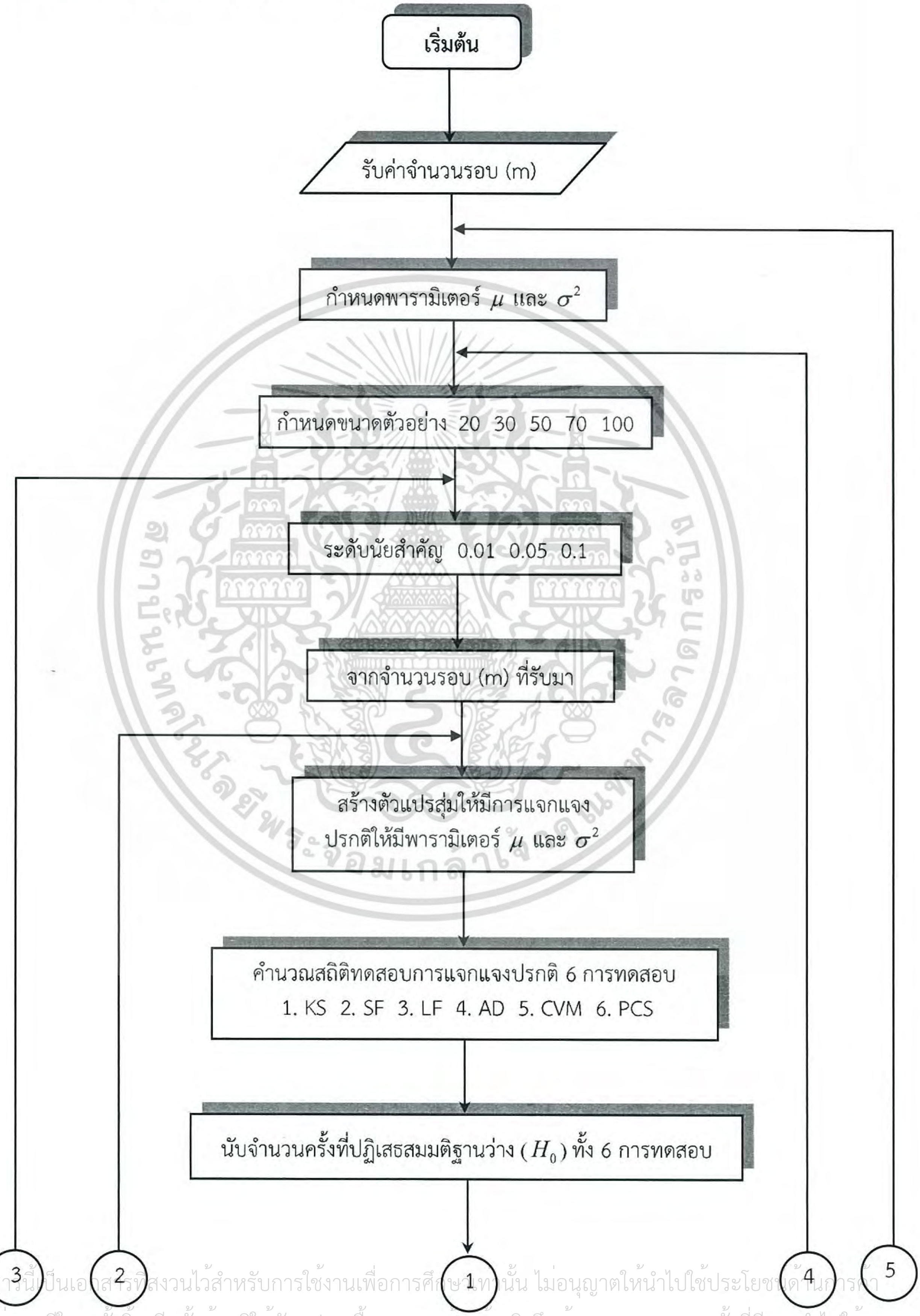
3.2.2.3 สรุปผลการปฏิเสธสมมติฐานว่าง ในแต่ละระดับนัยสำคัญในการเทียบระดับนัยสำคัญกับค่า p-value

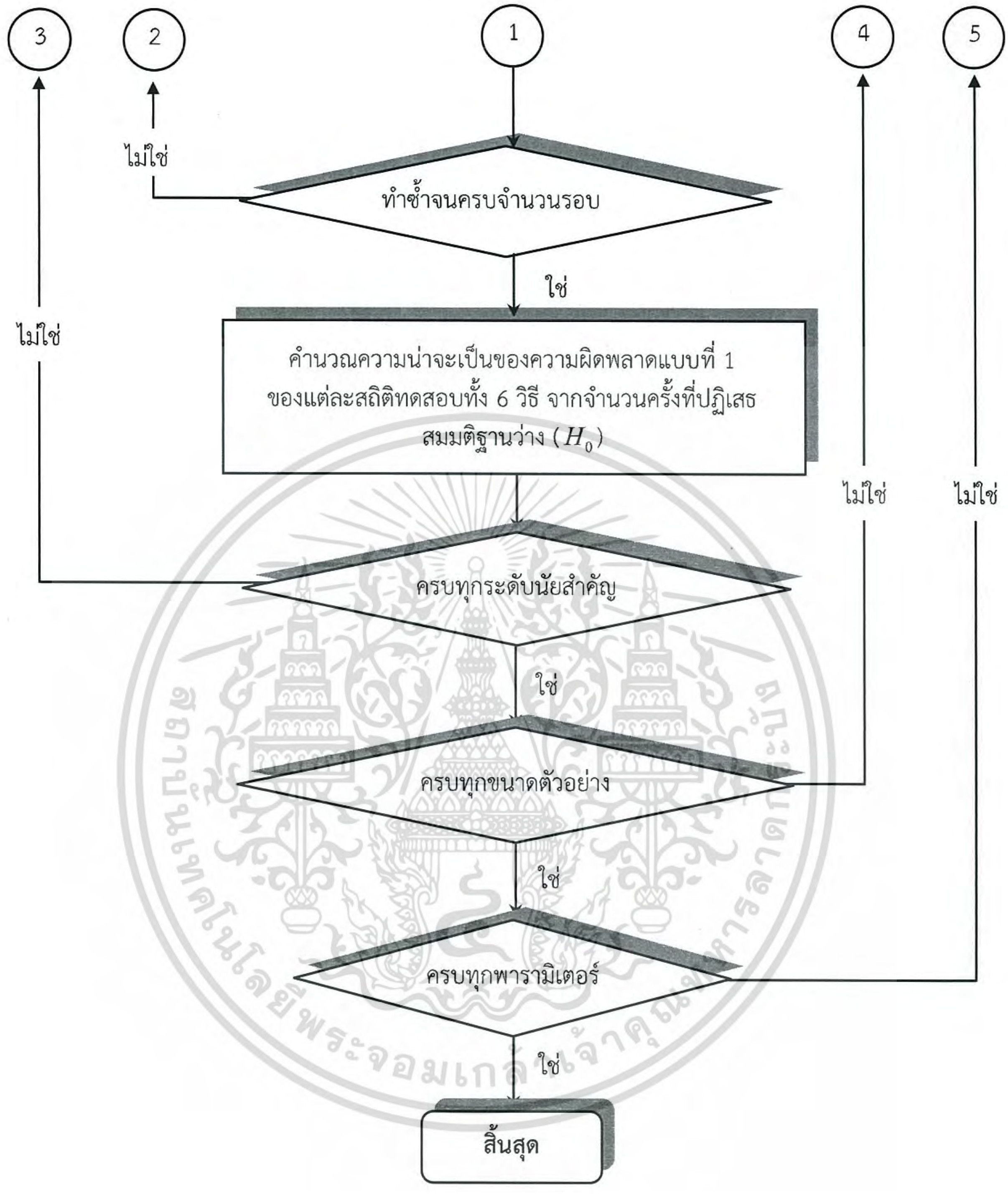
3.2.2.4 ทำซ้ำข้อ 3.2.2.1 - 3.2.2.3 จบครบ 5,000 ครั้ง แล้วหากำลังการทดสอบ โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) ดังนี้

$$\text{กำลังการทดสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_1 \text{ เป็นจริง}}{5{,}000}$$

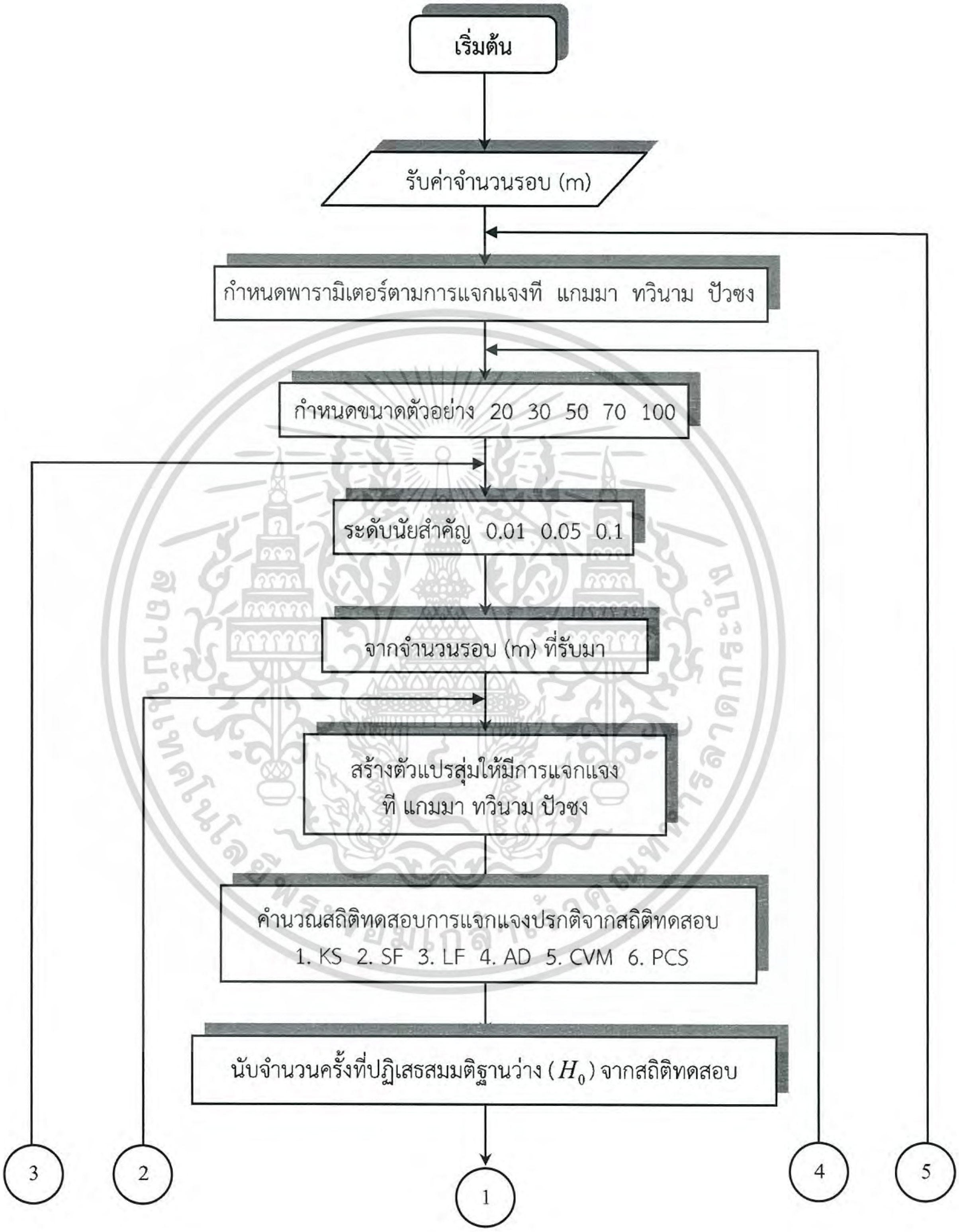
3.3 ขั้นตอนของโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

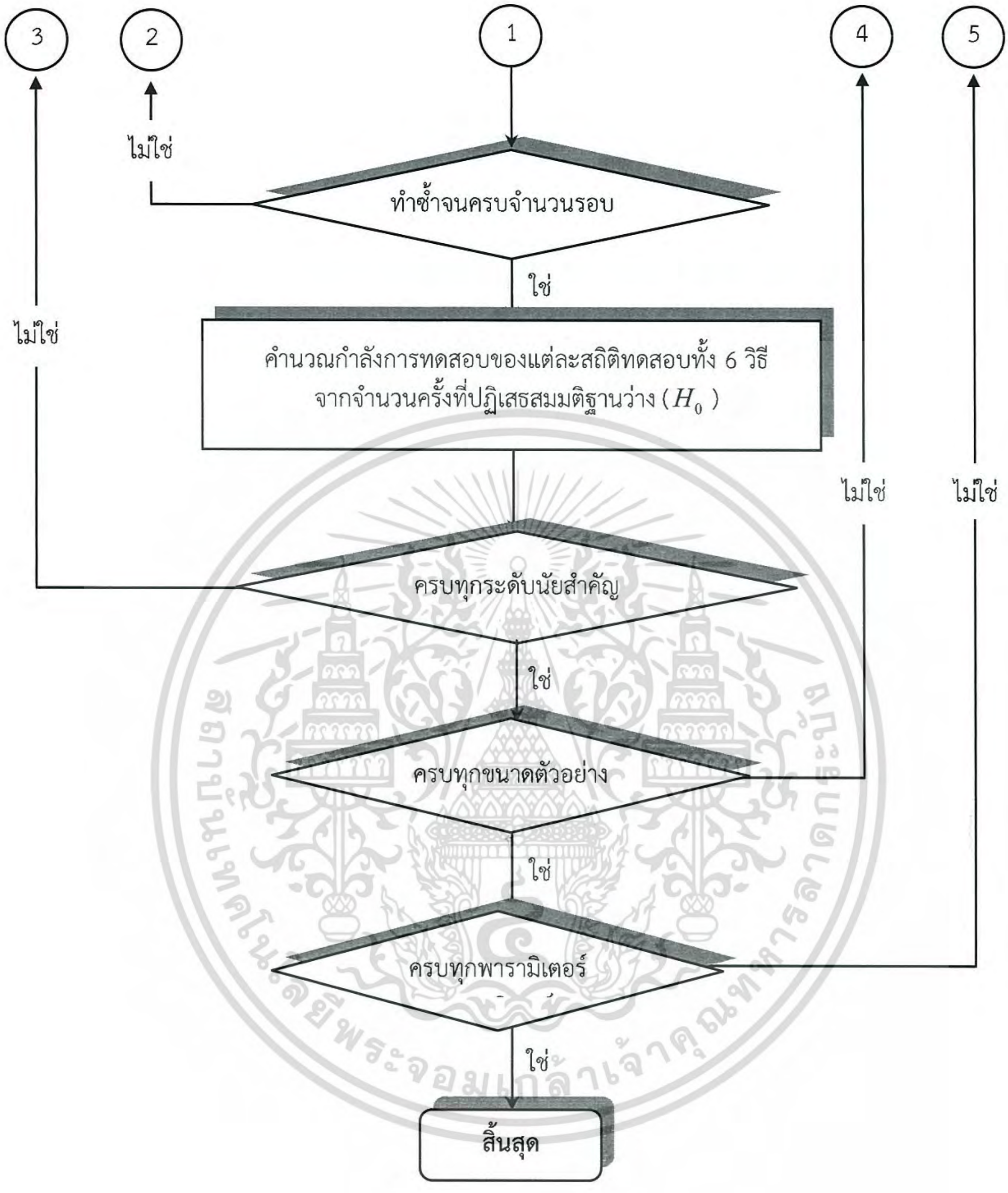
ขั้นตอนของโปรแกรมในส่วนการคำนวณค่าประมาณความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (α) ของสถิติทดสอบ




3
2
1
4
5
ไม่ใช่
ทำซ้ำจนครบจำนวนรอบ
ใช่
ไม่ใช่
คำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแต่ละสถิติทดสอบทั้ง 6 วิธี จากจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0)
ไม่ใช่
ไม่ใช่
ครบทุกระดับนัยสำคัญ
ใช่
ครบทุกขนาดตัวอย่าง
ใช่
ครบทุกพารามิเตอร์
ใช่
สิ้นสุด

ขั้นตอนของโปรแกรมในส่วนการคำนวณกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ




3
2
1
4
5
ไม่ใช่
ทำซ้ำจนครบจำนวนรอบ
ใช่
ไม่ใช่
คำนวณกำลังการทดสอบของแต่ละสถิติทดสอบทั้ง 6 วิธี
จากจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0)
ไม่ใช่
ไม่ใช่
ครบทุกระดับนัยสำคัญ
ใช่
ครบทุกขนาดตัวอย่าง
ใช่
ครบทุกพารามิเตอร์
ใช่
สิ้นสุด

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบที่ใช้การทดสอบการแจกแจงปรกติ 6 การทดสอบ โดยสถิติทดสอบที่เลือกมาทำการศึกษา ได้แก่ สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF) สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM) และสถิติทดสอบ Pearson Chi–square (PCS) โดยใช้ชุดคำสั่งนอร์เทสต์ในโปรแกรมอาร์ (R)

ในการศึกษาครั้งนี้จำลองข้อมูลภายใต้การแจกแจงแบบต่างๆ ทั้งหมด 5 การแจกแจง ประกอบด้วยการแจกแจงปรกติ การทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เท่ากับ (0,1) (0,4) และ (0,8) การแจกแจงที การทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) เท่ากับ 4 12 และ 100 การแจกแจงแกมมา การทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เท่ากับ (2,4) (2,2) และ (1,(1/3)) การแจกแจงทวินามที่มีค่าพารามิเตอร์ ($\mathbf{n},\mathbf{p}$) เท่ากับ (20,0.2) (30,0.2) (50,0.2) (70,0.2) และ (100,0.2) การแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) เท่ากับ 0.5 5 10 และ 20 กำหนดขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษามี 5 ขนาด คือ 20 30 50 70 และ 100 กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.1 ในแต่ละสถานการณ์ทำการจำลองข้อมูลจากโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชัน 3.0.2 ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 5,000 ครั้ง แล้วทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบที่ทำการศึกษา

การเสนอผลวิจัยทำโดยการเปรียบเทียบสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ Cochran (1954) และ Bradley (1978) จากนั้นทำการพิจารณาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบที่ทำการศึกษาเฉพาะที่สามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เท่านั้น ซึ่งจะนำเสนอในรูปของตารางและกราฟเพื่อสะดวกในการอธิบายผล โดยใช้สัญลักษณ์แทนความหมาย ดังนี้

KS แทน สถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov
SF แทน สถิติทดสอบ Shapiro-Francia
LF แทน สถิติทดสอบ Lilliefor
AD แทน สถิติทดสอบ Anderson-Darling
CVM แทน สถิติทดสอบ Cramer-von Mises
PCS แทน สถิติทดสอบ Pearson Chi-square

4.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

ในการวิจัยครั้งนี้หากพบสถิติทดสอบใดมีค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้แก่

เกณฑ์ของ Bradley (1978)

ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.005,0.015) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.025,0.075) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.050,0.150) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1
จะสรุปได้ว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

เกณฑ์ของ Cochran (1954)

ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.007,0.015) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.04,0.06) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ถ้าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง (0.08,0.12) สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1
จะสรุปได้ว่าสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

4.1.1 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,1)

ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS จากข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,1) แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) คือ (0,1) ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

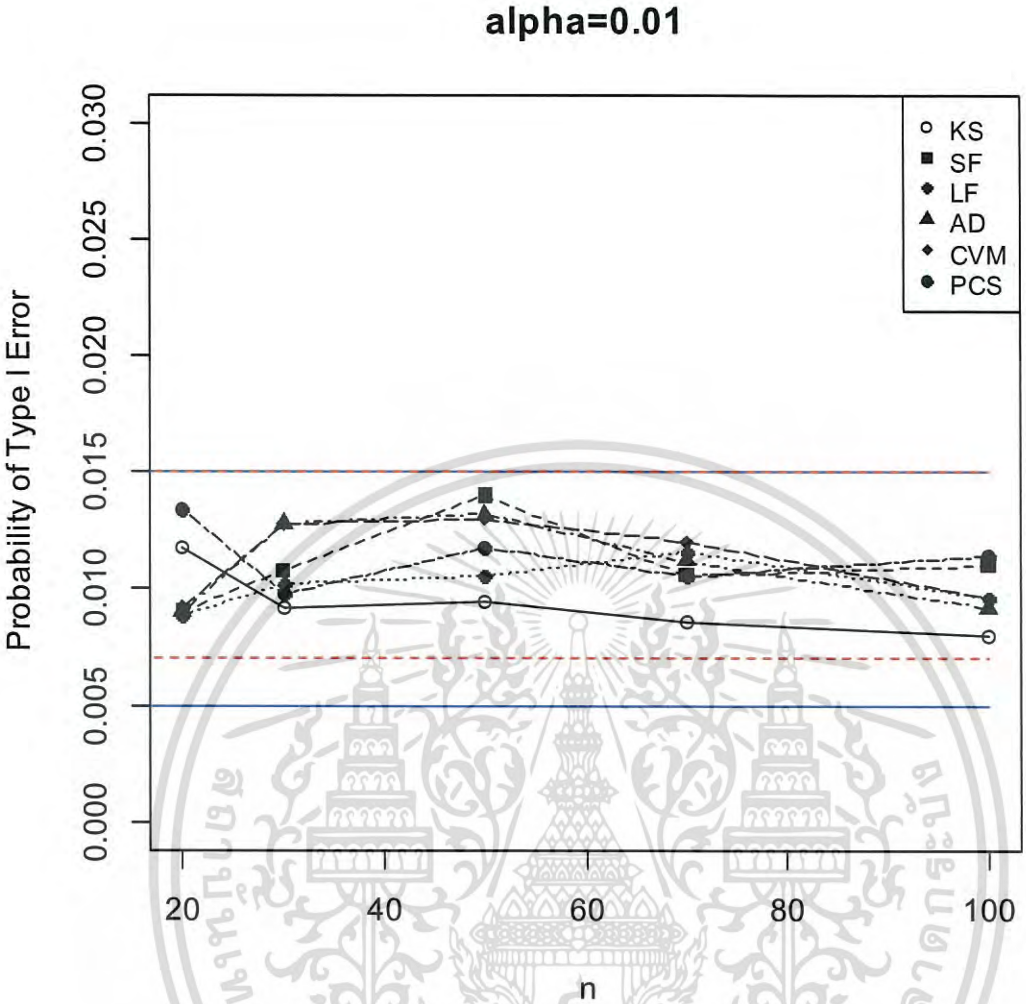
การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
N(0,1)	20	0.01	0.0118***	0.0090***	0.0088***	0.0090***	0.0092***	0.0134***
		0.05	0.0492***	0.0510***	0.0478***	0.0466***	0.0490***	0.0512***
		0.1	0.0970***	0.1012***	0.0984***	0.1028***	0.1008***	0.1262*
	30	0.01	0.0092***	0.0108***	0.0102***	0.0128***	0.0128***	0.0098***
		0.05	0.0502***	0.0518***	0.0516***	0.0480***	0.0490***	0.0494***
		0.1	0.1032***	0.1008***	0.1012***	0.1020***	0.1208***	0.1154***
	50	0.01	0.0094***	0.0140***	0.0106***	0.0132***	0.0130***	0.0118***
		0.05	0.0472***	0.0506***	0.0436***	0.0488***	0.0494***	0.0528***
		0.1	0.1044***	0.1050***	0.1010***	0.1012***	0.0996***	0.1076***
	70	0.01	0.0086***	0.0106***	0.0116***	0.0112***	0.0120***	0.0106***
		0.05	0.0532***	0.0618*	0.0528***	0.0550***	0.0526***	0.0512***
		0.1	0.0932***	0.0996***	0.1020***	0.0954***	0.0958***	0.1092***
	100	0.01	0.0080***	0.0110***	0.0096***	0.0092***	0.0096***	0.0114***
		0.05	0.0438***	0.0476***	0.0524***	0.0488***	0.0494***	0.0530***
		0.1	0.0898***	0.1008***	0.1048***	0.0964***	0.0968***	0.1040***

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

** หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Cochran

*** หมายถึง ผ่านทั้งเกณฑ์ของ Bradley และเกณฑ์ของ Cochran

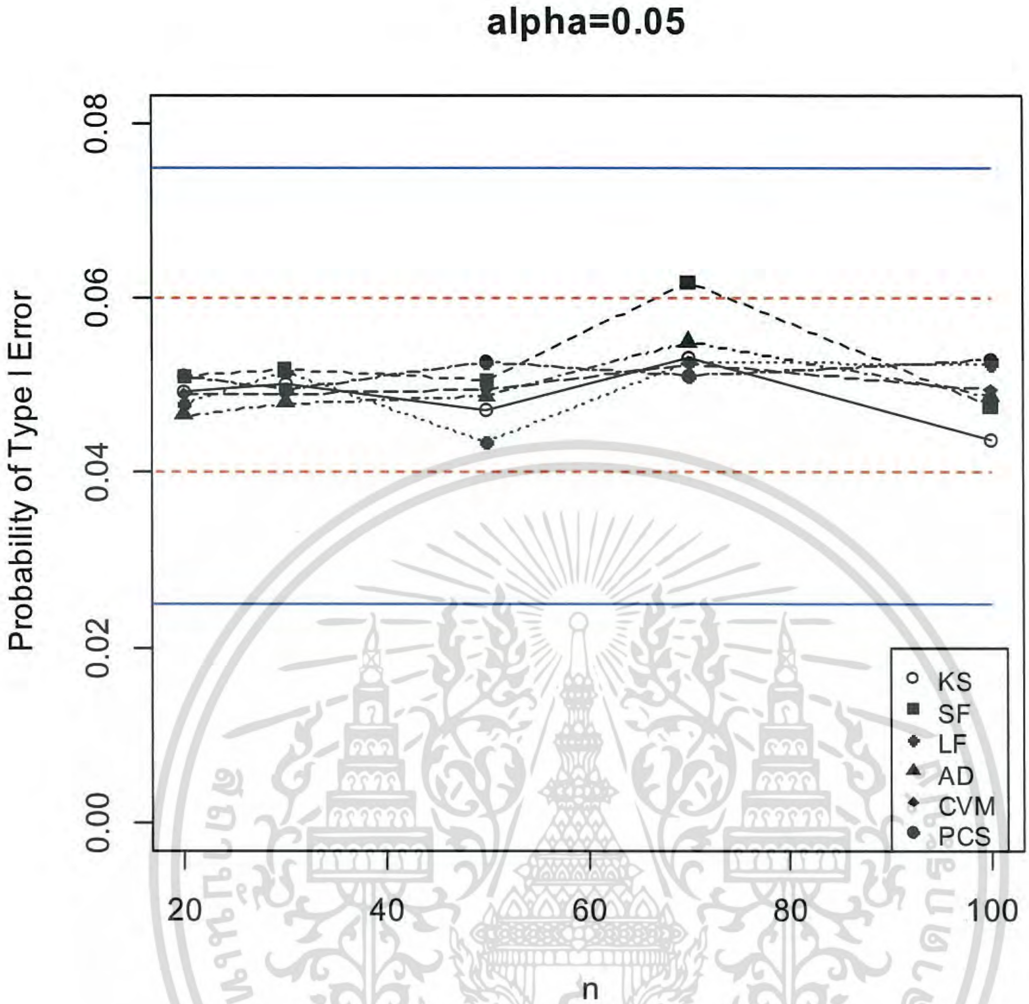
รายละเอียดของค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) คือ (0,1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.1 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.1 – 4.3 ตามลำดับ



(————) เกณฑ์ของ Bradley
(---------------) เกณฑ์ของ Cochran

รูปที่ 4.1 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) คือ (0,1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.1 สถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ของ Bradley และ เกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

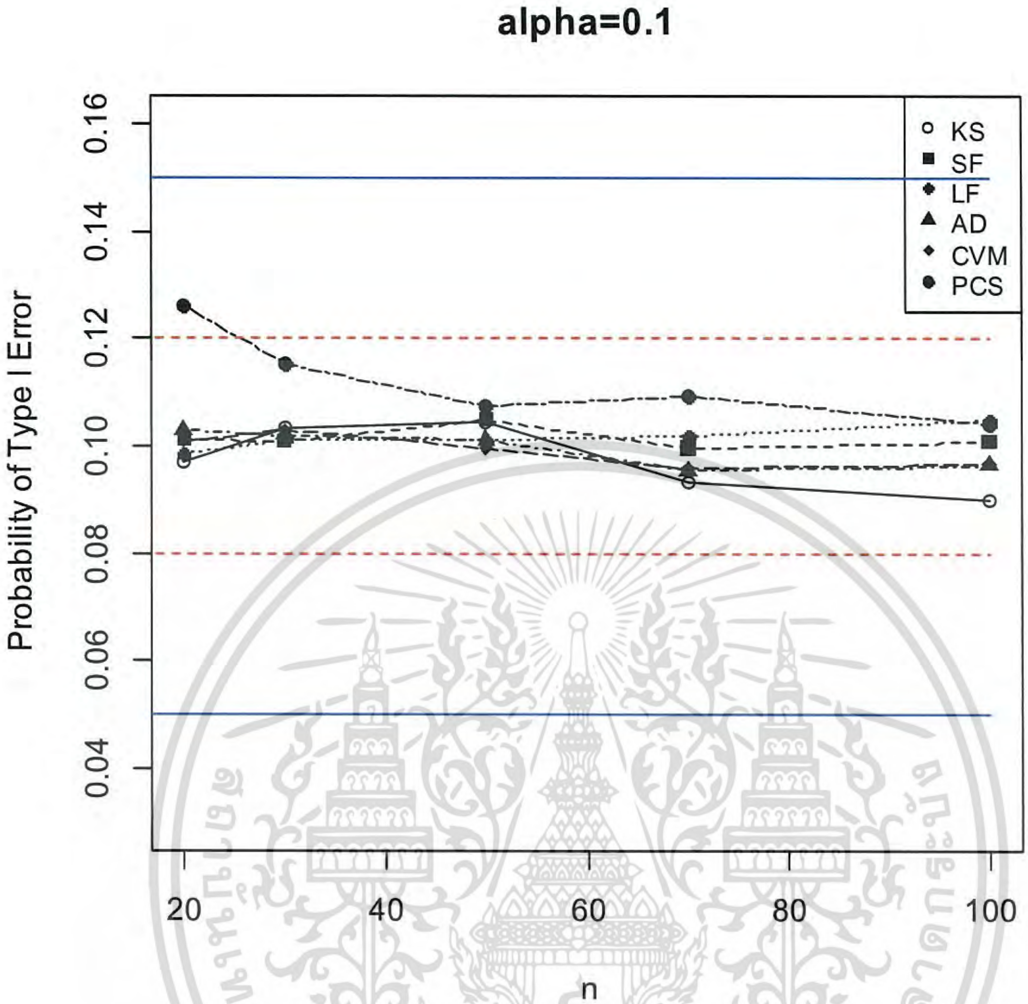


(————————) เกณฑ์ของ Bradley

(---------------) เกณฑ์ของ Cochran

รูปที่ 4.2 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) คือ (0,1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.2 สถิติทดสอบ KS LF AD CVM และ PCS สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งหมด แต่สถิติทดสอบ SF ไม่ผ่านเกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70



(————————) เกณฑ์ของ Bradley

(---------------) เกณฑ์ของ Cochran

รูปที่ 4.3 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.3 สถิติทดสอบ KS SF LF AD และ CVM สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ของ Bradley และเกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 แต่สถิติทดสอบ PCS ไม่ผ่านเกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

4.1.2 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,4)

ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS จากข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,4) แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,4) ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

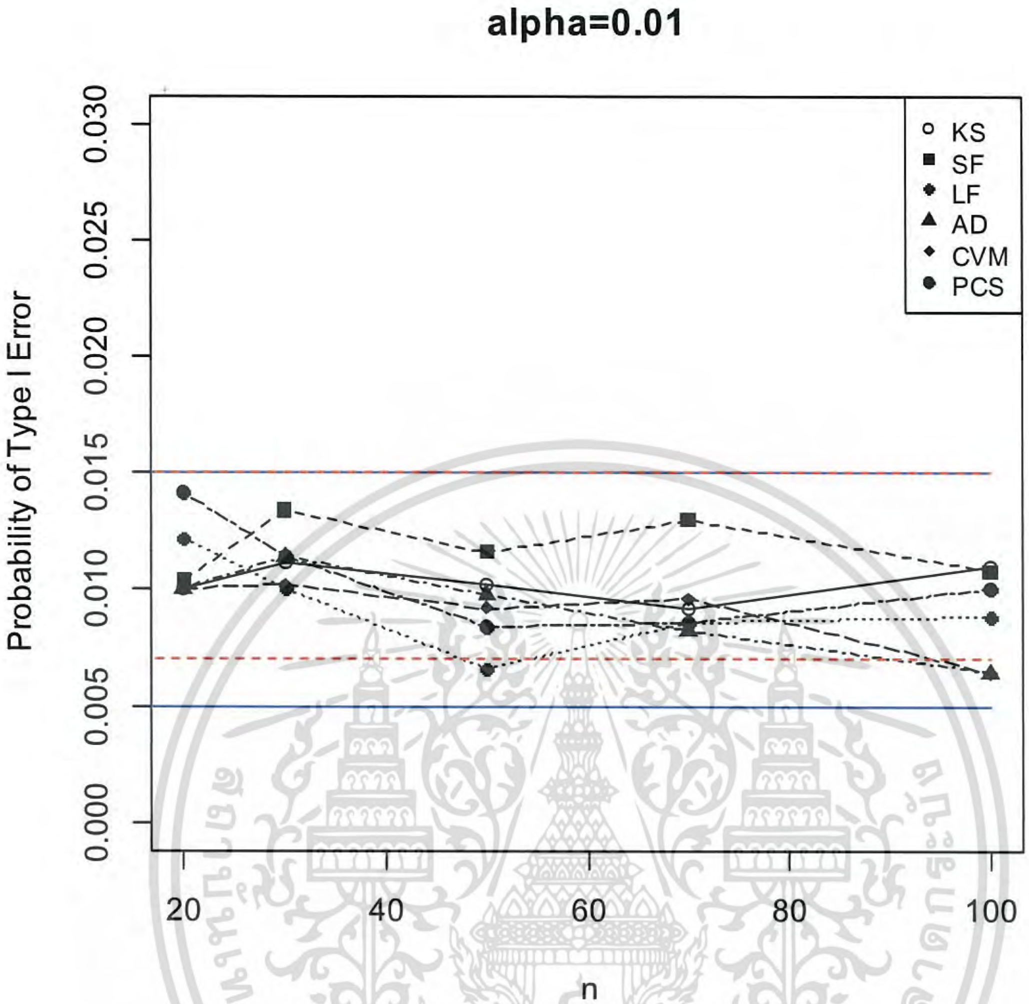
การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
N(0,4)	20	0.01	0.0100***	0.0104***	0.0122***	0.0100***	0.0100***	0.0142***
		0.05	0.0482***	0.0540***	0.0504***	0.0520***	0.0514***	0.0470***
		0.1	0.1024***	0.1074***	0.0980***	0.1016***	0.1010***	0.1238*
	30	0.01	0.0112***	0.0134***	0.0010***	0.0114***	0.0102***	0.0114***
		0.05	0.0522***	0.0538***	0.0506***	0.0484***	0.0472***	0.0518***
		0.1	0.0986***	0.1040***	0.0978***	0.1052***	0.1026***	0.1232*
	50	0.01	0.0102***	0.0116***	0.0066***	0.0098***	0.0092***	0.0084*
		0.05	0.0466***	0.0548***	0.0476***	0.0474***	0.0482***	0.0540***
		0.1	0.1044***	0.0998***	0.1068***	0.1042***	0.1052***	0.1040***
	70	0.01	0.0092***	0.0130***	0.0086***	0.0082***	0.0096***	0.0086***
		0.05	0.0484***	0.0576***	0.0542***	0.0532***	0.0516***	0.0486***
		0.1	0.1008***	0.0994***	0.1010***	0.0978***	0.0988***	0.0962***
	100	0.01	0.0110***	0.0108***	0.0088***	0.0064*	0.0064***	0.0100***
		0.05	0.0428***	0.0512***	0.0458***	0.0478***	0.0486***	0.0496***
		0.1	0.0974***	0.1060***	0.1024***	0.0994***	0.0986***	0.1066***

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

** หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Cochran

*** หมายถึง ผ่านทั้งเกณฑ์ของ Bradley และเกณฑ์ของ Cochran

รายละเอียดของค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,4) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.2 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.4 – 4.6 ตามลำดับ

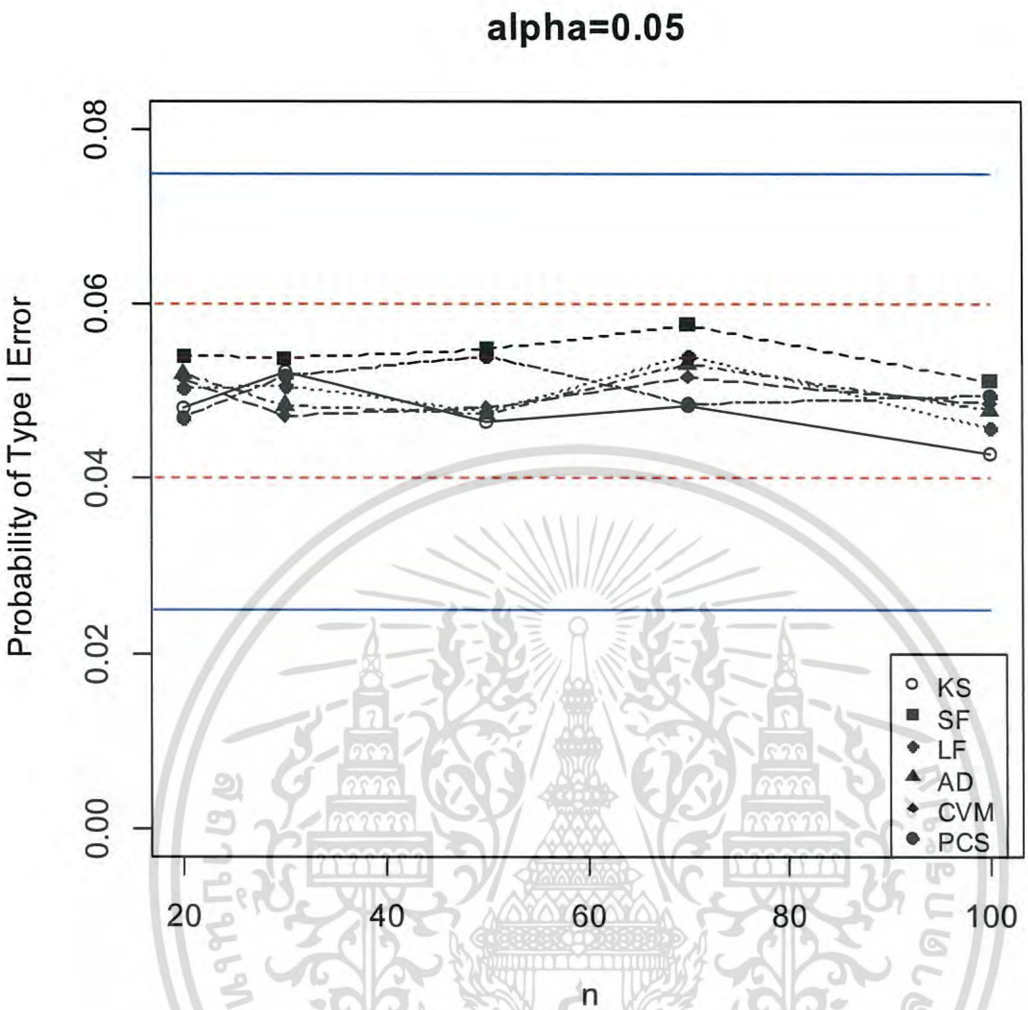


(————————) เกณฑ์ของ Bradley

(---------------) เกณฑ์ของ Cochran

รูปที่ 4.4 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,4) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.4 สถิติทดสอบ KS SF LF และ CVM สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ของ Bradley และ เกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แต่สถิติทดสอบ AD ไม่ผ่านเกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และสถิติทดสอบ PCS ไม่ผ่านเกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50

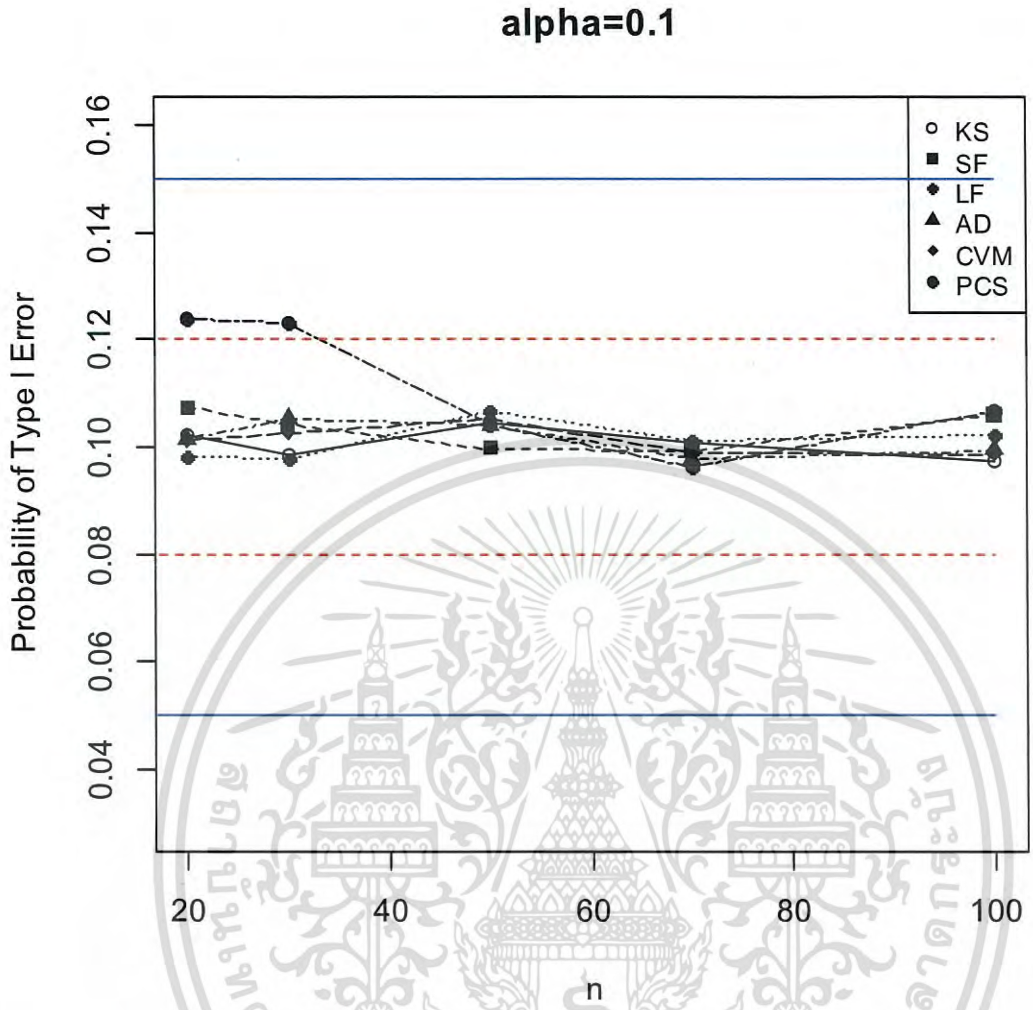


(————————) เกณฑ์ของ Bradley

(---------------) เกณฑ์ของ Cochran

รูปที่ 4.5 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,4) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.5 สถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ของ Bradley และ เกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



(————————) เกณฑ์ของ Bradley

(---------------) เกณฑ์ของ Cochran

รูปที่ 4.6 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,4) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.6 สถิติทดสอบ KS SF LF AD และ CVM สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ของ Bradley และเกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 แต่สถิติทดสอบ PCS ไม่ผ่านเกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 30

4.1.3 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 จากข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,8)

ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS จากข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติ ที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,8) แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,8) ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

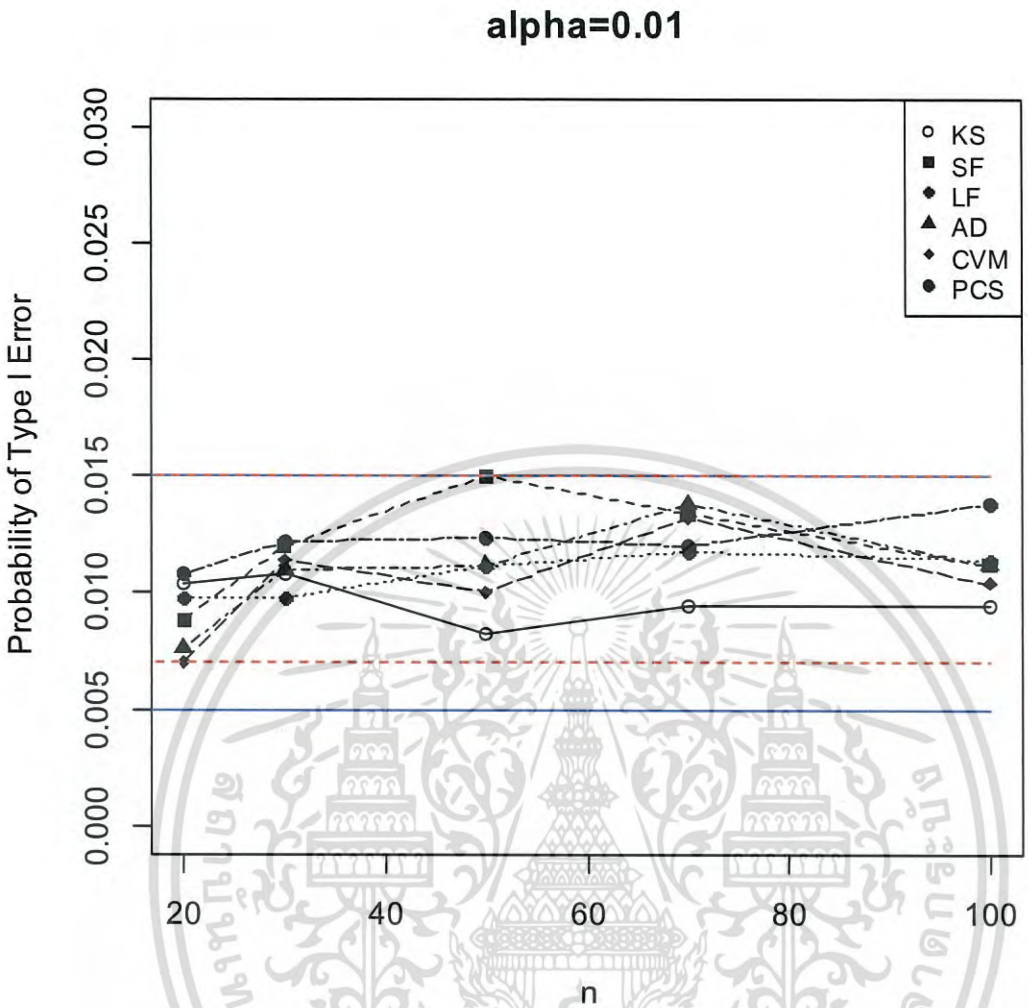
การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
N(0,8)	20	0.01	0.0104***	0.0088***	0.0098***	0.0076***	0.0070***	0.0108***
		0.05	0.0450***	0.0546***	0.0460***	0.0510***	0.0524***	0.0464***
		0.1	0.1034***	0.1036***	0.0966***	0.1052***	0.1044***	0.1286*
	30	0.01	0.0108***	0.0120***	0.0098***	0.0110***	0.0114***	0.0122***
		0.05	0.0474***	0.0506***	0.0488***	0.0476***	0.0492***	0.0420***
		0.1	0.0954***	0.1006***	0.0974***	0.0982***	0.1014***	0.1190***
	50	0.01	0.0082***	0.0150***	0.0112***	0.0112***	0.0100***	0.0124***
		0.05	0.0462***	0.0508***	0.0470***	0.0464***	0.0472***	0.0490***
		0.1	0.1082***	0.1042***	0.1004***	0.0996***	0.1026***	0.1060***
	70	0.01	0.0094***	0.0134***	0.0118***	0.0138***	0.0132***	0.0120***
		0.05	0.0458***	0.0510***	0.0474***	0.0440***	0.0442***	0.0516***
		0.1	0.0952***	0.1080***	0.1020***	0.1040***	0.1016***	0.1078***
	100	0.01	0.0094***	0.0112***	0.0114***	0.0112***	0.0104***	0.0138***
		0.05	0.0424***	0.0514***	0.0450***	0.0486***	0.0470***	0.0476***
		0.1	0.0852***	0.1054***	0.1100***	0.1024***	0.1000***	0.1094***

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

** หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Cochran

*** หมายถึง ผ่านทั้งเกณฑ์ของ Bradley และเกณฑ์ของ Cochran

รายละเอียดของค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,8) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.9 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.7 – 4.9 ตามลำดับ

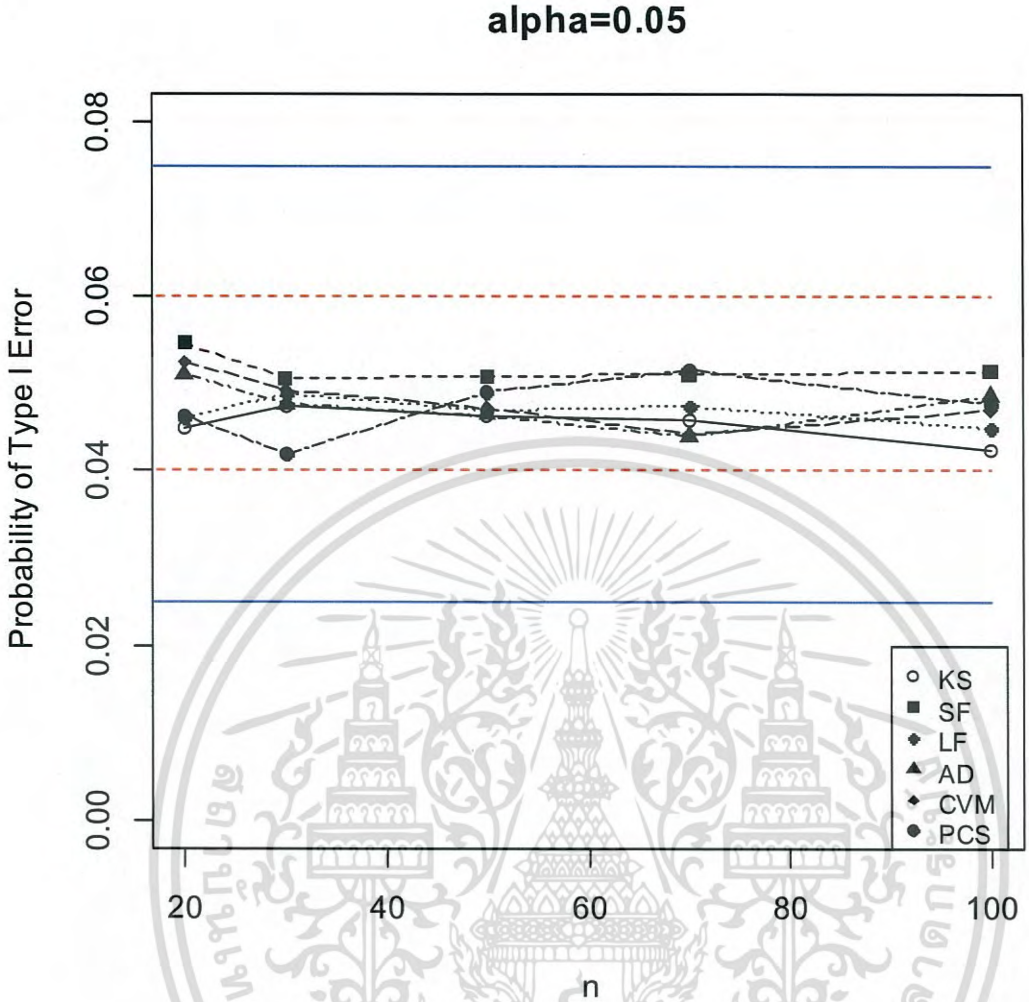


(————————) เกณฑ์ของ Bradley

(---------------) เกณฑ์ของ Cochran

รูปที่ 4.7 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,8) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.7 สถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ของ Bradley และ เกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

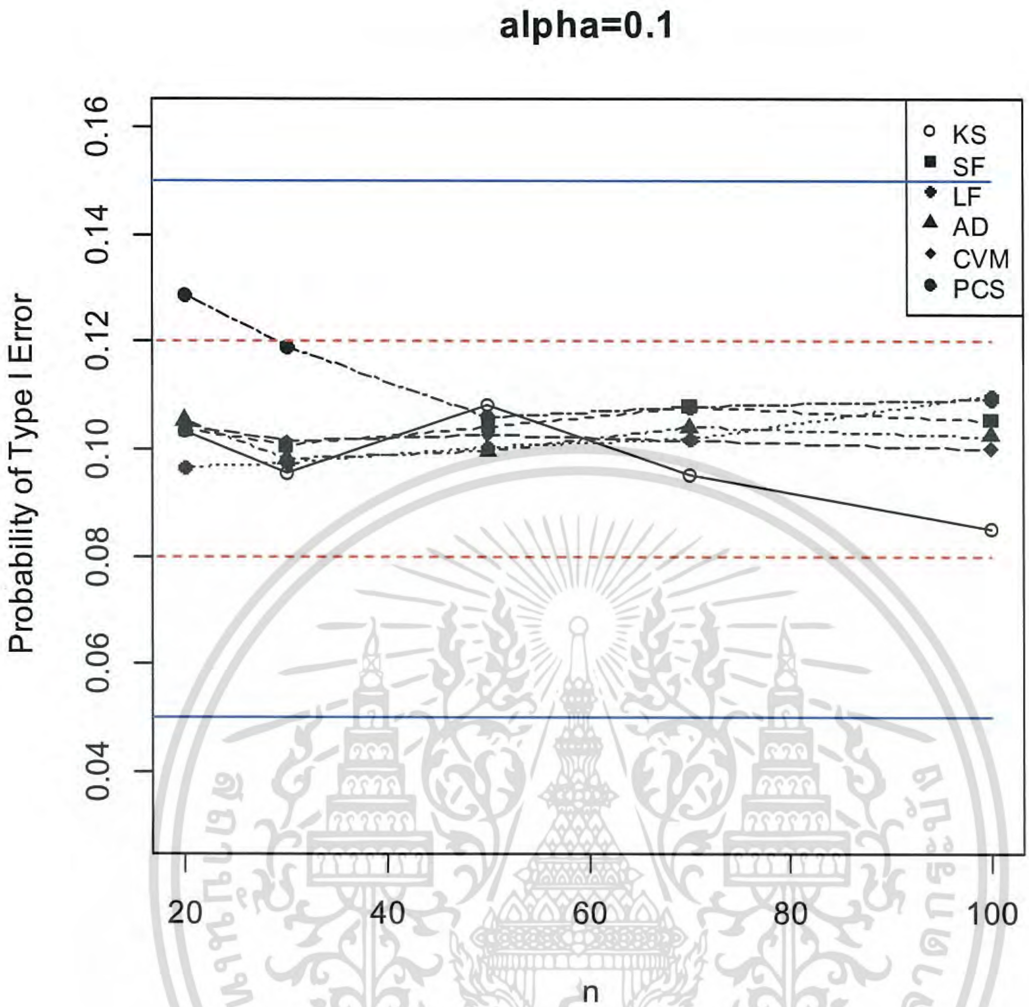


(————————) เกณฑ์ของ Bradley

(---------------) เกณฑ์ของ Cochran

รูปที่ 4.8 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (0,8) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.8 สถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ของ Bradley และ เกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



(————————) เกณฑ์ของ Bradley

(----------------) เกณฑ์ของ Cochran

รูปที่ 4.9 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ, σ^2) คือ (0,8) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.9 สถิติทดสอบ KS SF LF AD และ CVM สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ของ Bradley และเกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 แต่สถิติทดสอบ PCS ไม่ผ่านเกณฑ์ของ Cochran ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

4.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบต่างๆ

ในการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของแต่ละสถิติทดสอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของข้อมูล ซึ่งในการวิจัยนี้สนใจสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS เป็นการเปรียบเทียบโดยที่พิจารณาเฉพาะสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เท่านั้น โดยในการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบในงานวิจัยนี้สามารถหาได้จากประชากรที่มีการแจกแจง 4 ลักษณะ ดังนี้

1. การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (v) เท่ากับ 4 12 และ 100
2. การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β) เท่ากับ (2,4) (2,2) และ (1,(1/3))
3. การแจกแจงทวินามที่มีพารามิเตอร์ (p) เท่ากับ 0.2 และ (n) เท่ากับ 20 30 50 70 และ 100
4. การแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) เท่ากับ 0.5 5 10 และ 20

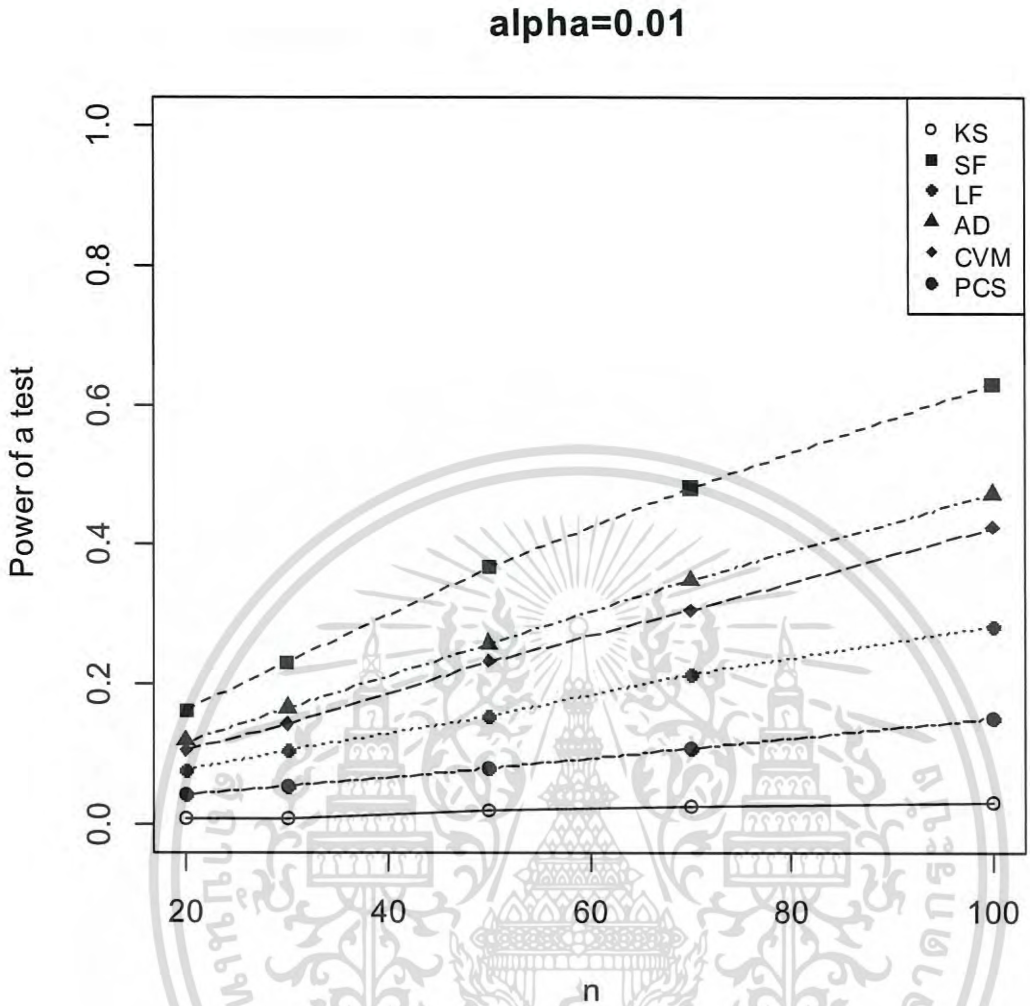
4.2.1 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) คือ 4 แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) คือ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
t_4	20	0.01	0.0074	0.1616*	0.0754	0.1178	0.1044	0.0424
		0.05	0.047	0.2902*	0.169	0.2342	0.2158	0.1244
		0.1	0.1108	0.3658*	0.2502	0.3072	0.2866	0.2276
	30	0.01	0.0088	0.2308*	0.1058	0.1656	0.1424	0.0548
		0.05	0.0572	0.3818*	0.212	0.2914	0.2676	0.136
		0.1	0.1302	0.4672*	0.3098	0.3808	0.3576	0.2608
	50	0.01	0.0198	0.3672*	0.1534	0.2574	0.2326	0.0798
		0.05	0.0946	0.5206*	0.2982	0.4146	0.3812	0.2002
		0.1	0.1782	0.6126*	0.3922	0.501	0.4636	0.271
	70	0.01	0.0246	0.481*	0.2132	0.348	0.3056	0.1078
		0.05	0.1122	0.6322*	0.375	0.5098	0.4688	0.2304
		0.1	0.2304	0.7162*	0.5032	0.6122	0.5782	0.3394
	100	0.01	0.0304	0.629*	0.2836	0.4728	0.4248	0.1524
		0.05	0.1648	0.779*	0.5074	0.6606	0.6168	0.3012
		0.1	0.2816	0.8256*	0.6088	0.7348	0.6956	0.3958

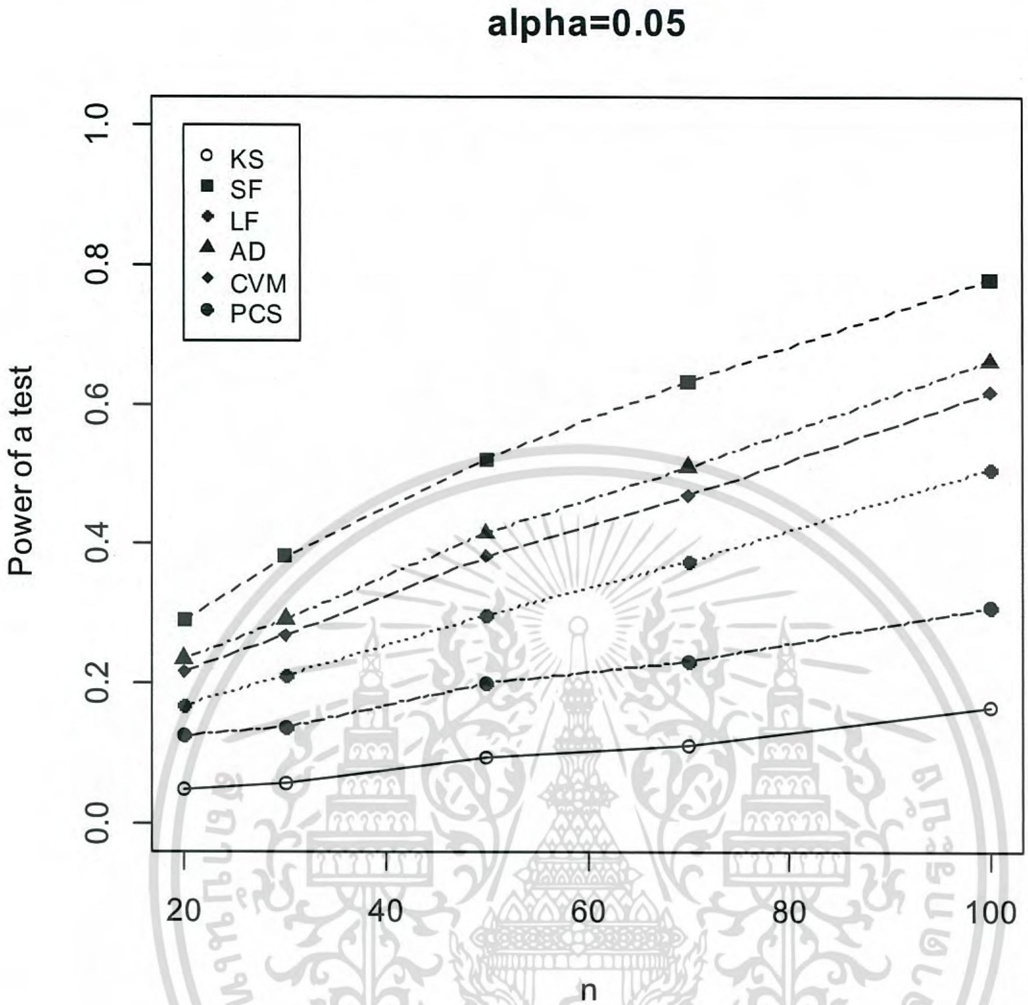
* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) คือ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.4 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.10 – 4.12 ตามลำดับ



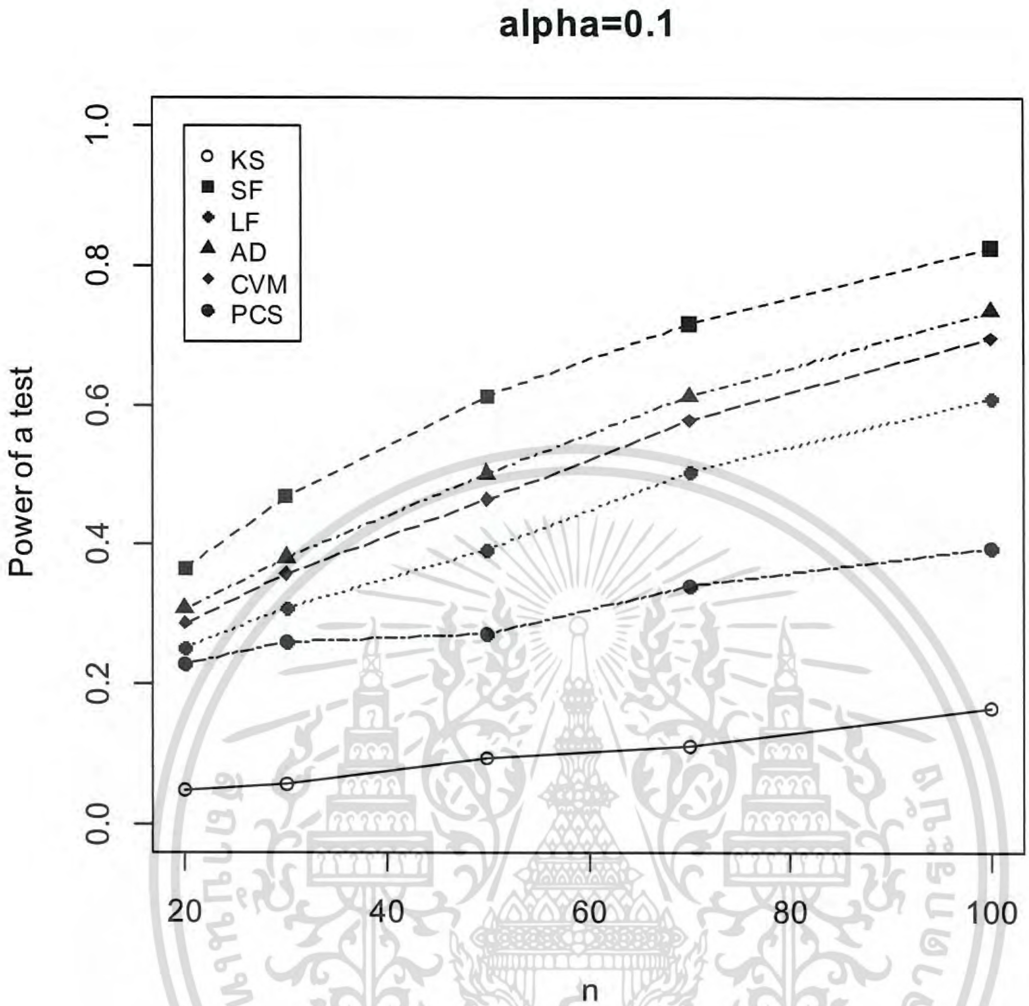
รูปที่ 4.10 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) คือ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.10 สถิติทดสอบ SF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่าง และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.11 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) คือ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.11 สถิติทดสอบ SF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่าง และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.12 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) คือ 4 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.12 สถิติทดสอบ SF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่าง และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น

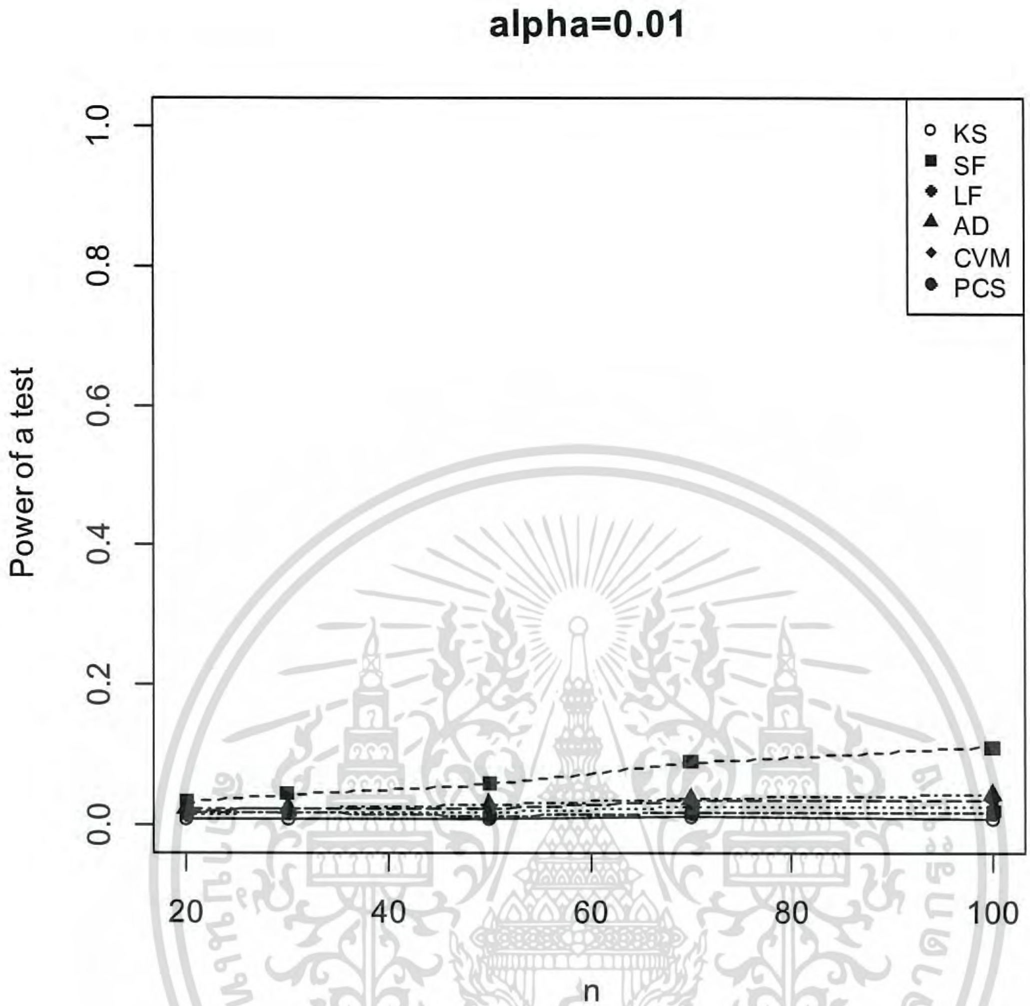
4.2.2 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (v) คือ 12 แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (v) คือ 12 ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n)20 30 50 70 และ 100

การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
t_{12}	20	0.01	0.0076	0.0306*	0.0142	0.0206	0.0186	0.0162
		0.05	0.0428	0.104*	0.067	0.0836	0.0786	0.056
		0.1	0.0924	0.1748*	0.1222	0.146	0.1382	0.1416
	30	0.01	0.009	0.0434*	0.017	0.0224	0.0214	0.0162
		0.05	0.0518	0.1178*	0.0582	0.0782	0.0738	0.059
		0.1	0.095	0.2002*	0.1398	0.157	0.1536	0.138
	50	0.01	0.0076	0.0576*	0.0172	0.0278	0.0232	0.0114
		0.05	0.0464	0.1682*	0.076	0.1026	0.0938	0.0626
		0.1	0.0946	0.2378*	0.138	0.1756	0.1594	0.1198
	70	0.01	0.0104	0.0884*	0.0242	0.0037	0.033	0.0164
		0.05	0.0448	0.1958*	0.081	0.1098	0.1	0.0658
		0.1	0.1104	0.2694*	0.1554	0.1812	0.1664	0.124
	100	0.01	0.0076	0.1104*	0.0248	0.042	0.0344	0.0158
		0.05	0.047	0.2334*	0.0942	0.131	0.1142	0.0662
		0.1	0.1012	0.3196*	0.1666	0.2118	0.1826	0.1182

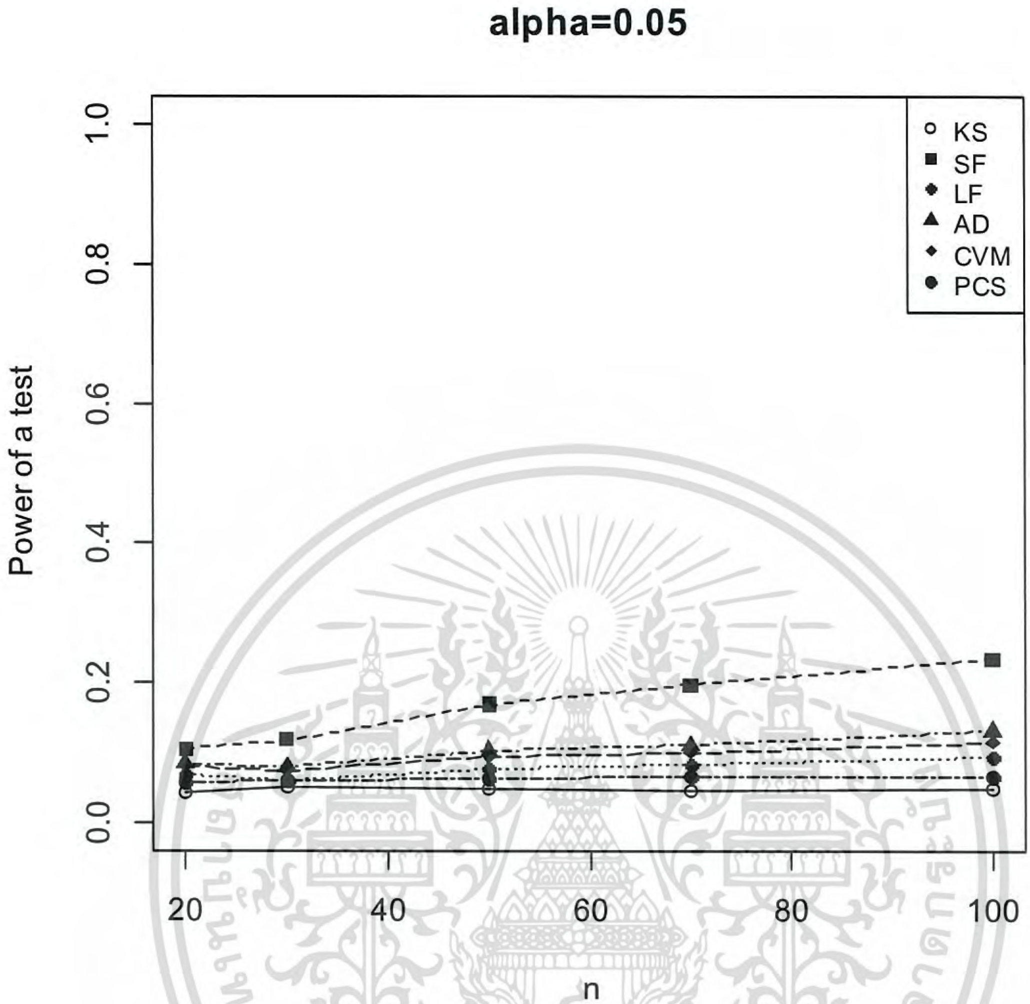
* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (v) คือ 12 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.5 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.13 – 4.15 ตามลำดับ



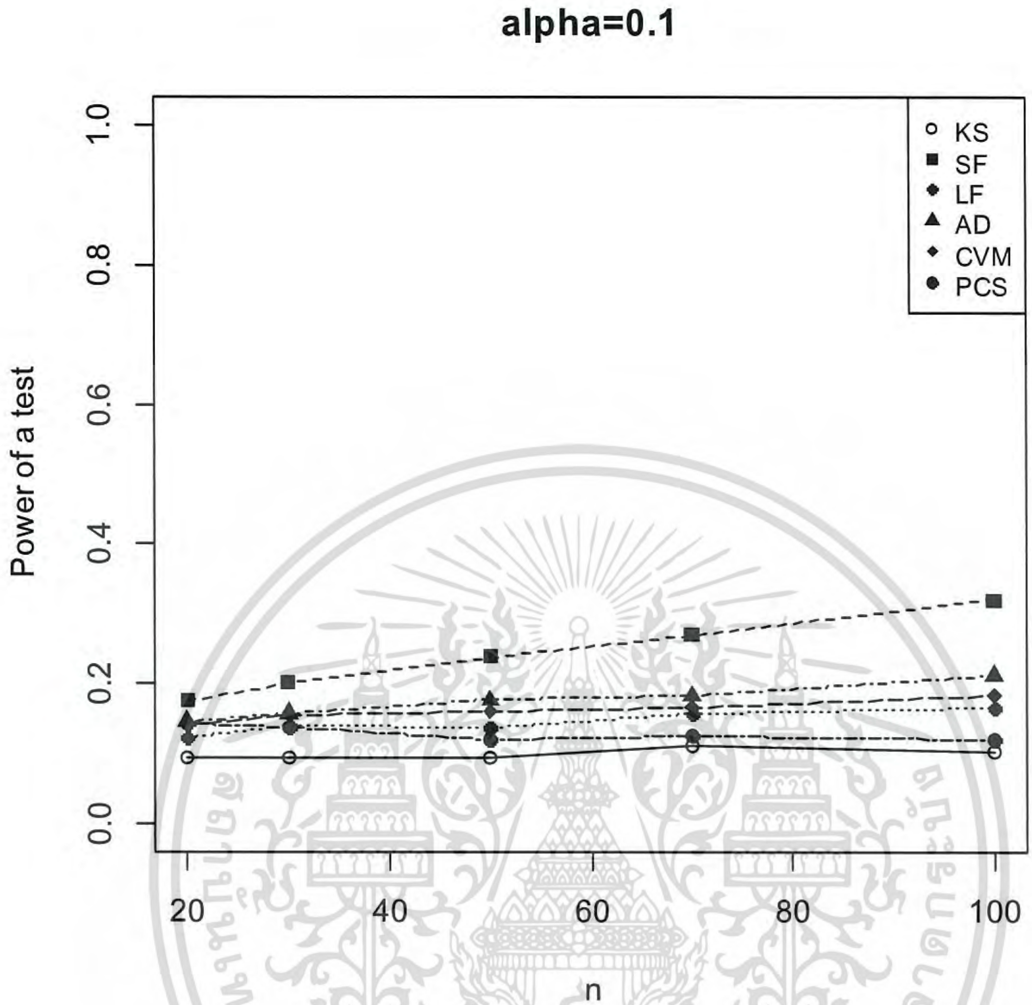
รูปที่ 4.13 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (v) คือ 12 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.13 สถิติทดสอบ SF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่าง และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.14 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) คือ 12 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.14 สถิติทดสอบ SF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่าง และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.15 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) คือ 12 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.15 สถิติทดสอบ SF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่าง และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น

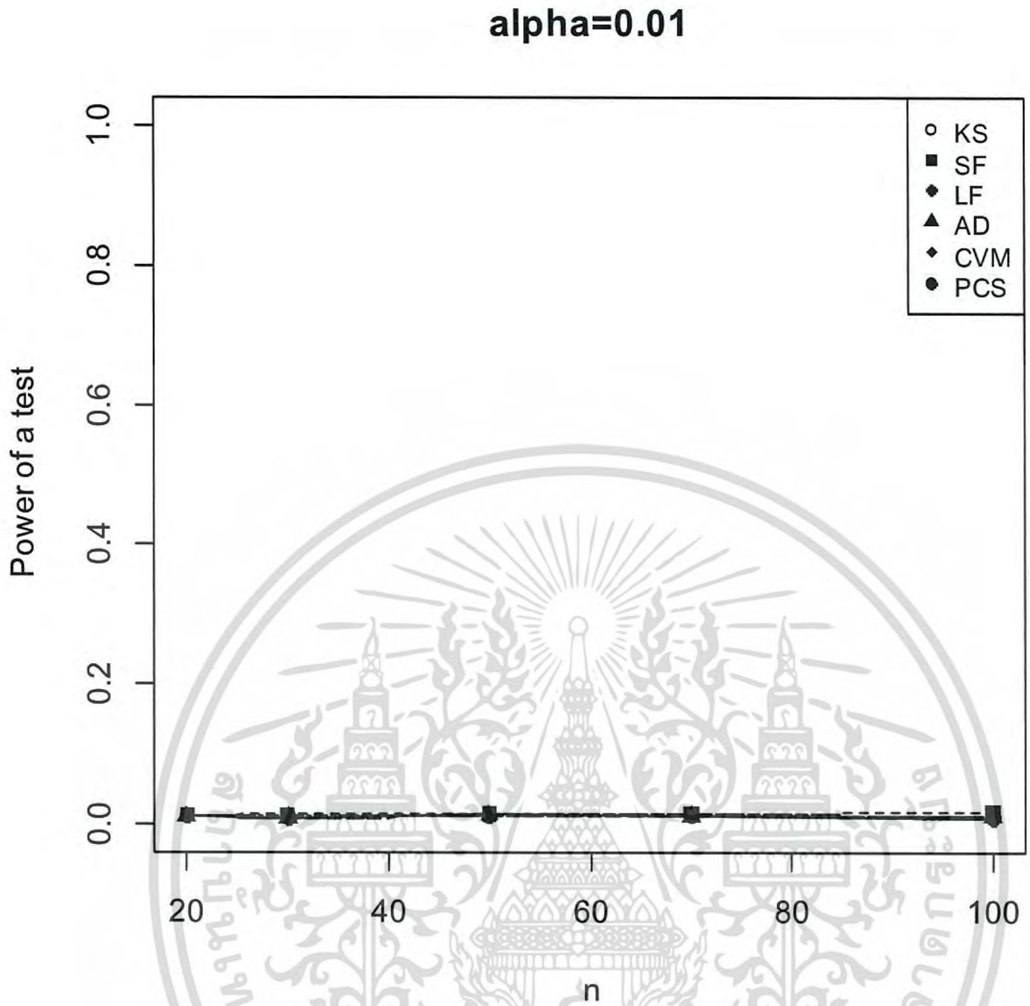
4.2.3 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (v) คือ 100 แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (v) คือ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง(n) 20 30 50 70 และ 100

การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
t_{100}	20	0.01	0.0092	0.0116*	0.0092	0.0098	0.0092	0.011
		0.05	0.0516	0.0596*	0.0552	0.0532	0.0574	0.051
		0.1	0.104	0.1122	0.0978	0.1072	0.1044	0.1274*
	30	0.01	0.0082	0.0124*	0.0064	0.0076	0.009	0.0108
		0.05	0.0484	0.059*	0.0502	0.0556	0.0544	0.0518
		0.1	0.1042	0.109	0.1028	0.1072	0.1076	0.1244*
	50	0.01	0.1044*	0.0136	0.0098	0.0122	0.0108	0.0116
		0.05	0.051	0.0588	0.054	0.0544	0.0532	0.0604*
		0.1	0.0972	0.1094*	0.102	0.0956	0.0992	0.1044
	70	0.01	0.0098	0.0136*	0.012	0.0106	0.0112	0.013
		0.05	0.0512	0.0656*	0.0548	0.0584	0.0566	0.052
		0.1	0.0946	0.1196*	0.099	0.1024	0.0994	0.1002
	100	0.01	0.008	0.016*	0.0082	0.0094	0.0094	0.0102
		0.05	0.0416	0.0644*	0.055	0.056	0.0538	0.0524
		0.1	0.087	0.1158*	0.109	0.1014	0.1024	0.1072

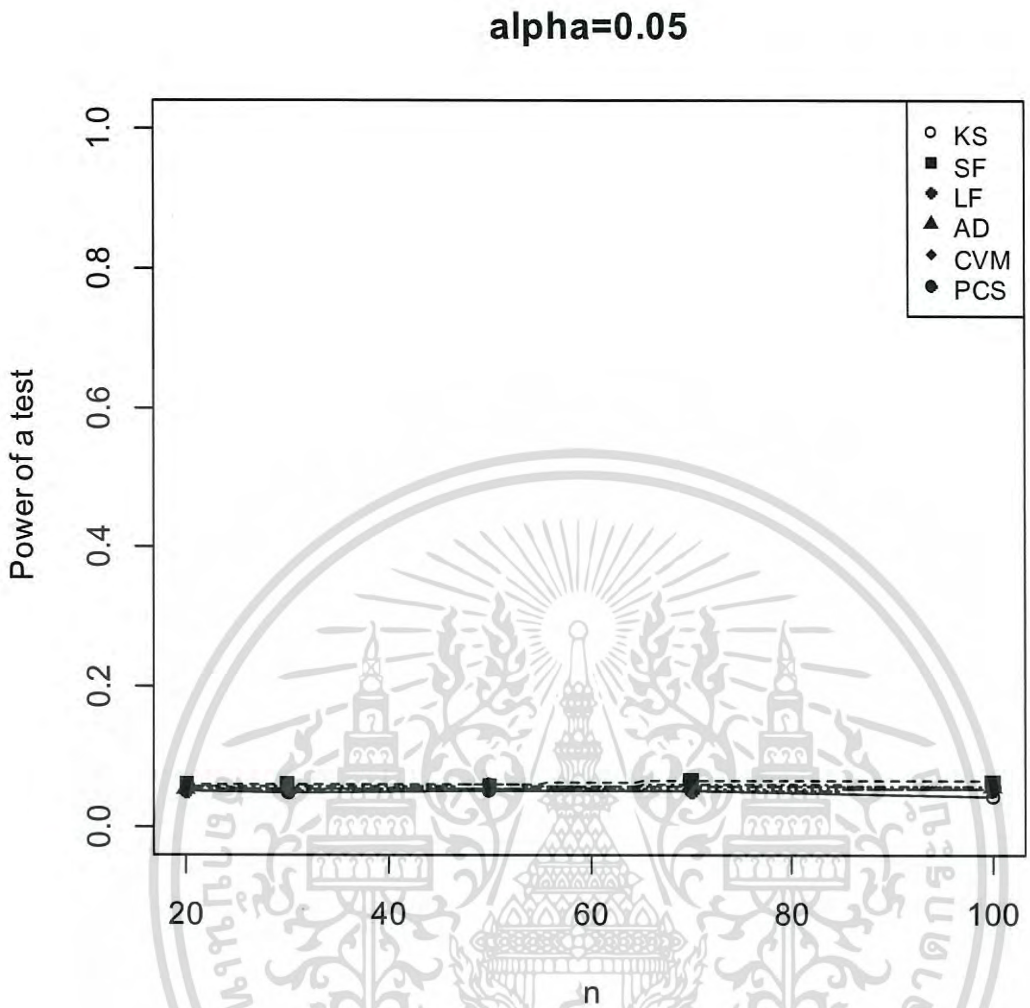
* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (v) คือ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.6 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.16 – 4.18 ตามลำดับ



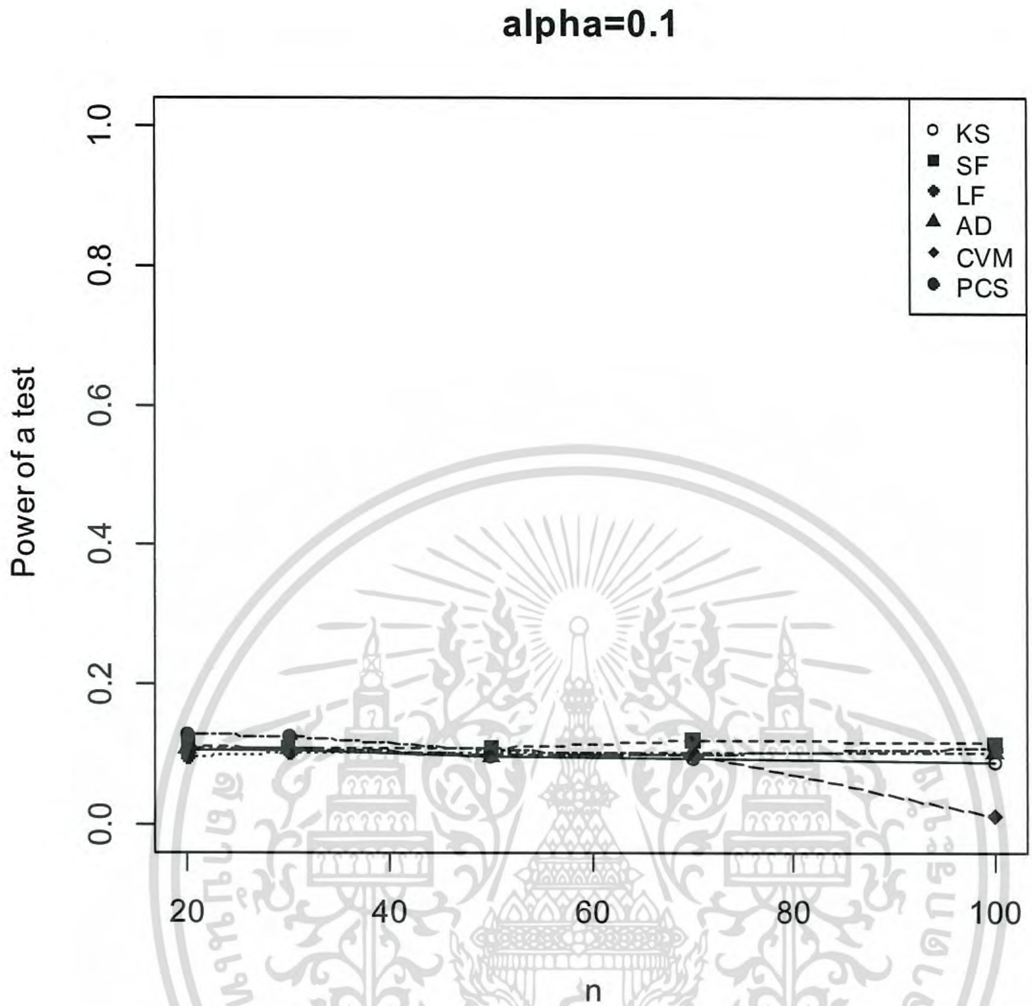
รูปที่ 4.16 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) คือ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.16 สถิติทดสอบ SF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 70 และ100 แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 สถิติทดสอบ KS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.17 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) คือ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.17 สถิติทดสอบ SF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 70 และ 100 แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.18 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทีที่มีค่าองศาแห่งเสรี (ν) คือ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.18 สถิติทดสอบ SF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 70 และ 100 แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 30 สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

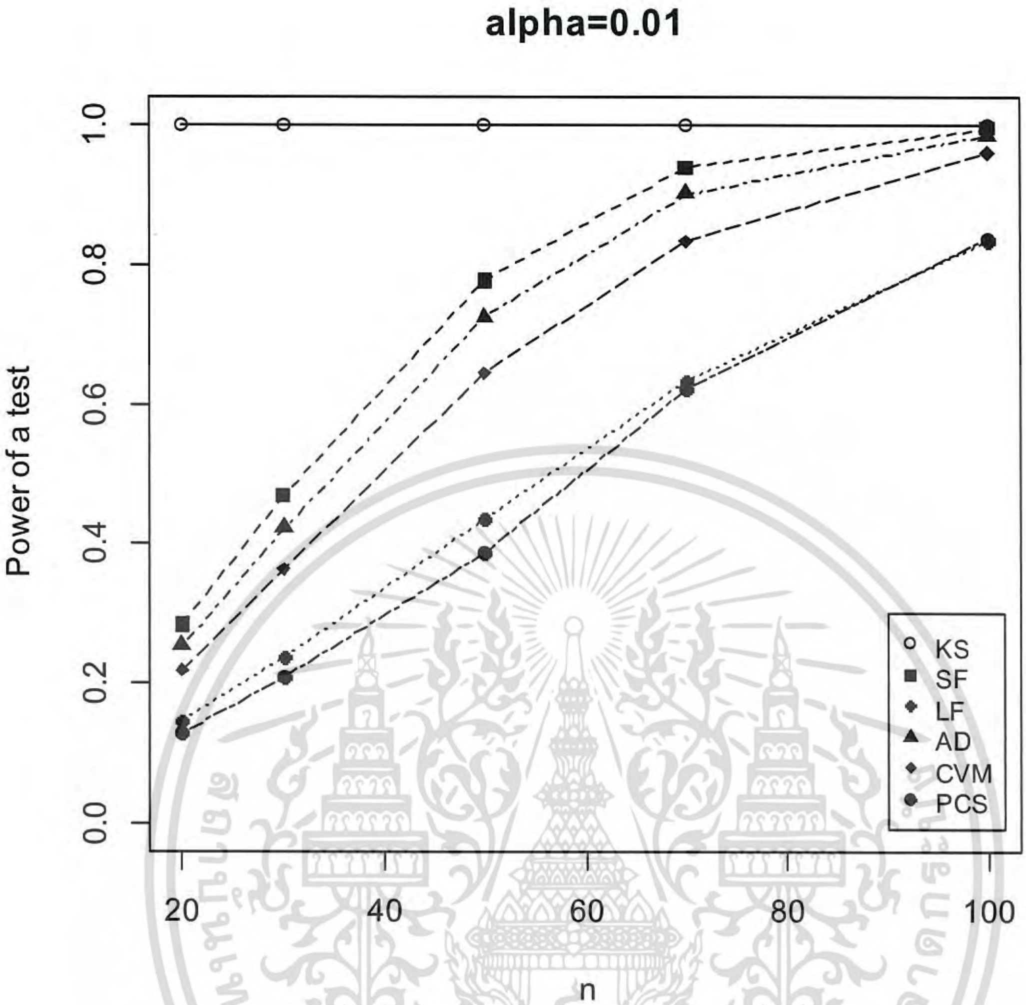
4.2.4 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (2,4) แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (2,4) ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาด(n) ตัวอย่าง 20 30 50 70 และ 100

การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
Gamma(2,4)	20	0.01	1*	0.2832	0.1440	0.2526	0.2180	0.1284
		0.05	1*	0.5112	0.3158	0.4724	0.4288	0.2892
		0.1	1*	0.6246	0.4466	0.5914	0.5454	0.4266
	30	0.01	1*	0.4692	0.2378	0.4222	0.3620	0.2098
		0.05	1*	0.7140	0.4608	0.6696	0.6074	0.4162
		0.1	1*	0.8084	0.6030	0.7686	0.7124	0.5498
	50	0.01	1*	0.7766	0.4360	0.7244	0.6440	0.3866
		0.05	1*	0.9252	0.6946	0.8936	0.8376	0.6646
		0.1	1*	0.9598	0.7998	0.9396	0.9020	0.7526
	70	0.01	1*	0.9390	0.6338	0.9010	0.8334	0.6220
		0.05	1*	0.9864	0.8492	0.9704	0.9406	0.8188
		0.1	1*	0.9944	0.9186	0.9856	0.9714	0.8110
	100	0.01	1*	0.9956	0.8340	0.9852	0.9600	0.8376
		0.05	1*	0.9998	0.9580	0.9984	0.9938	0.9506
		0.1	1*	0.9998	0.9778	0.9990	0.9960	0.9736

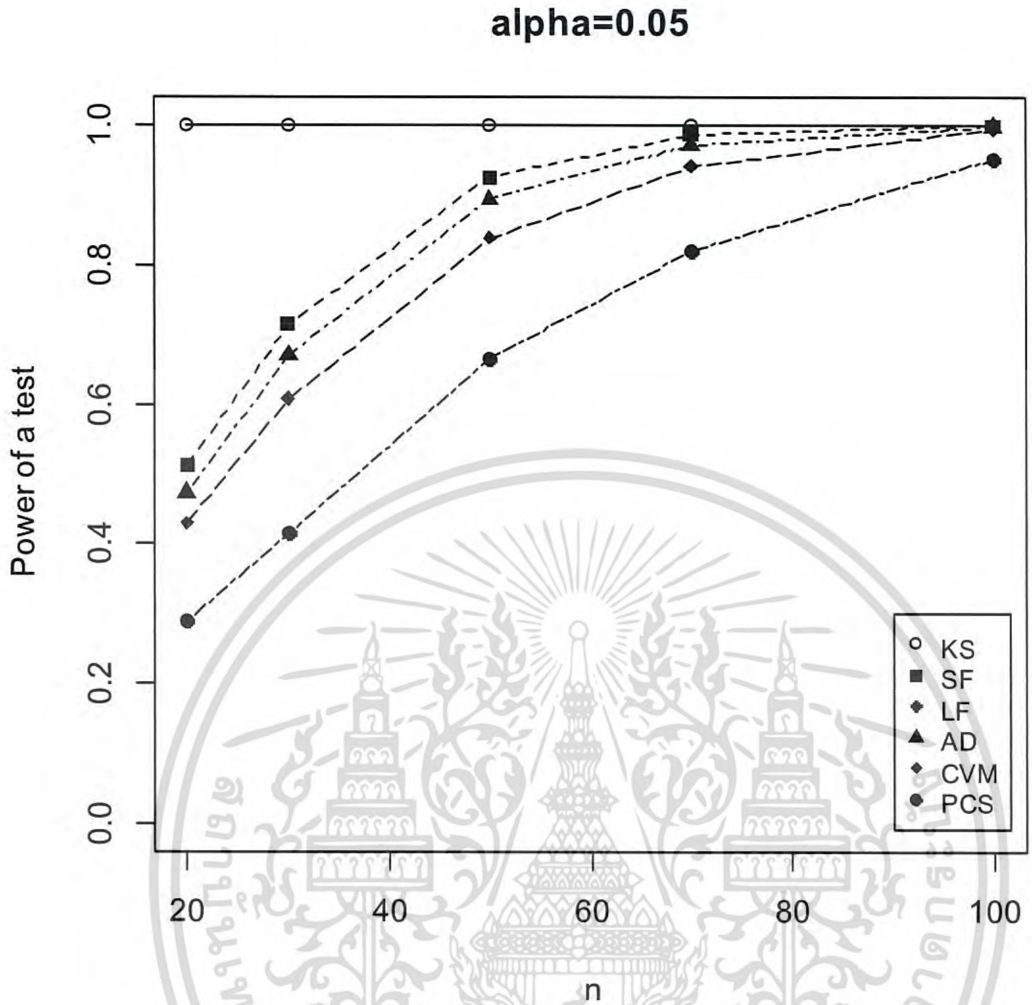
*   หมายถึง กำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (2,4) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.6 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.19 – 4.21 ตามลำดับ



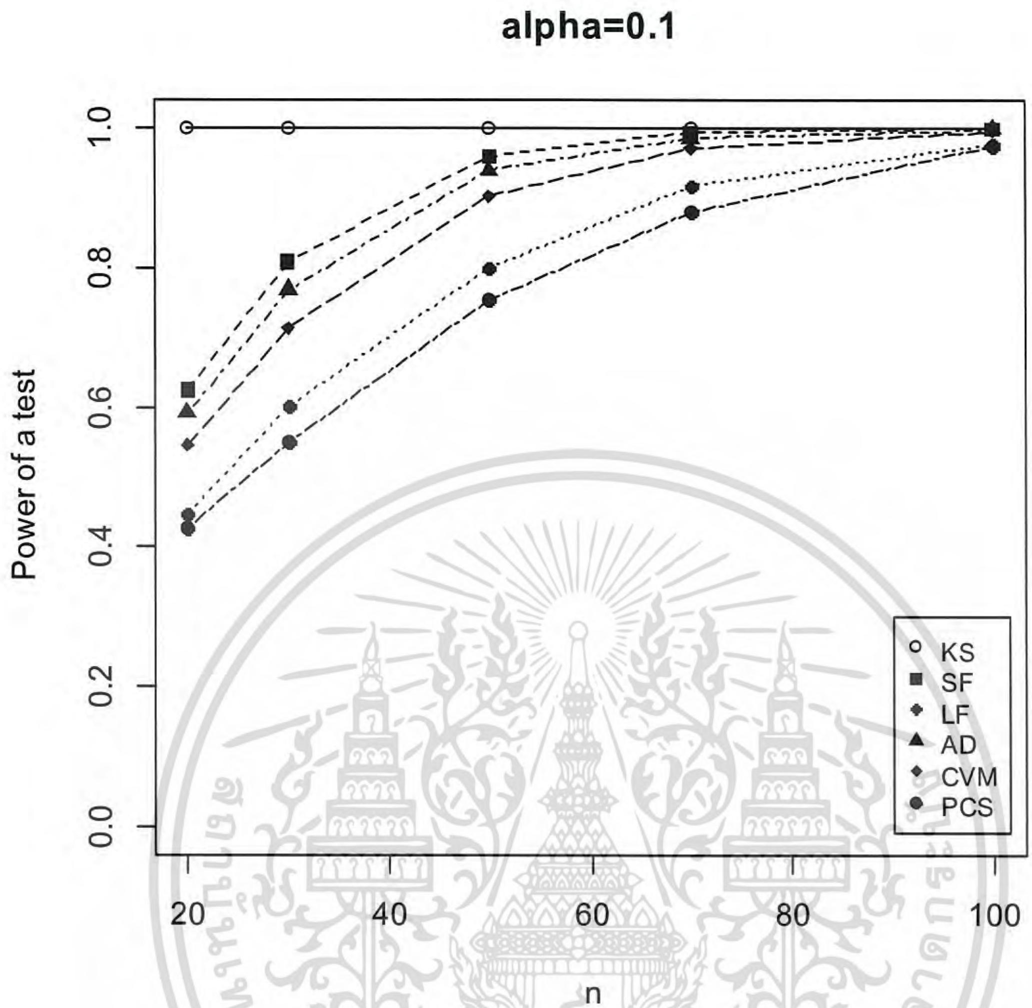
รูปที่ 4.19 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (2,4) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.19 สถิติทดสอบ KS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 70 และ 100 โดยมีค่าเท่ากันทุกขนาดตัวอย่าง คือ 1 และสถิติทดสอบอื่นๆ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.20 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β) คือ (2,4) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.20 สถิติทดสอบ KS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 70 และ 100 โดยมีค่าเท่ากันทุกขนาดตัวอย่าง คือ 1 และสถิติทดสอบอื่นๆ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.21 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (2,4) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.21 สถิติทดสอบ KS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 70 และ 100 โดยมีค่าเท่ากันทุกขนาดตัวอย่าง คือ 1 และสถิติทดสอบอื่นๆ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น

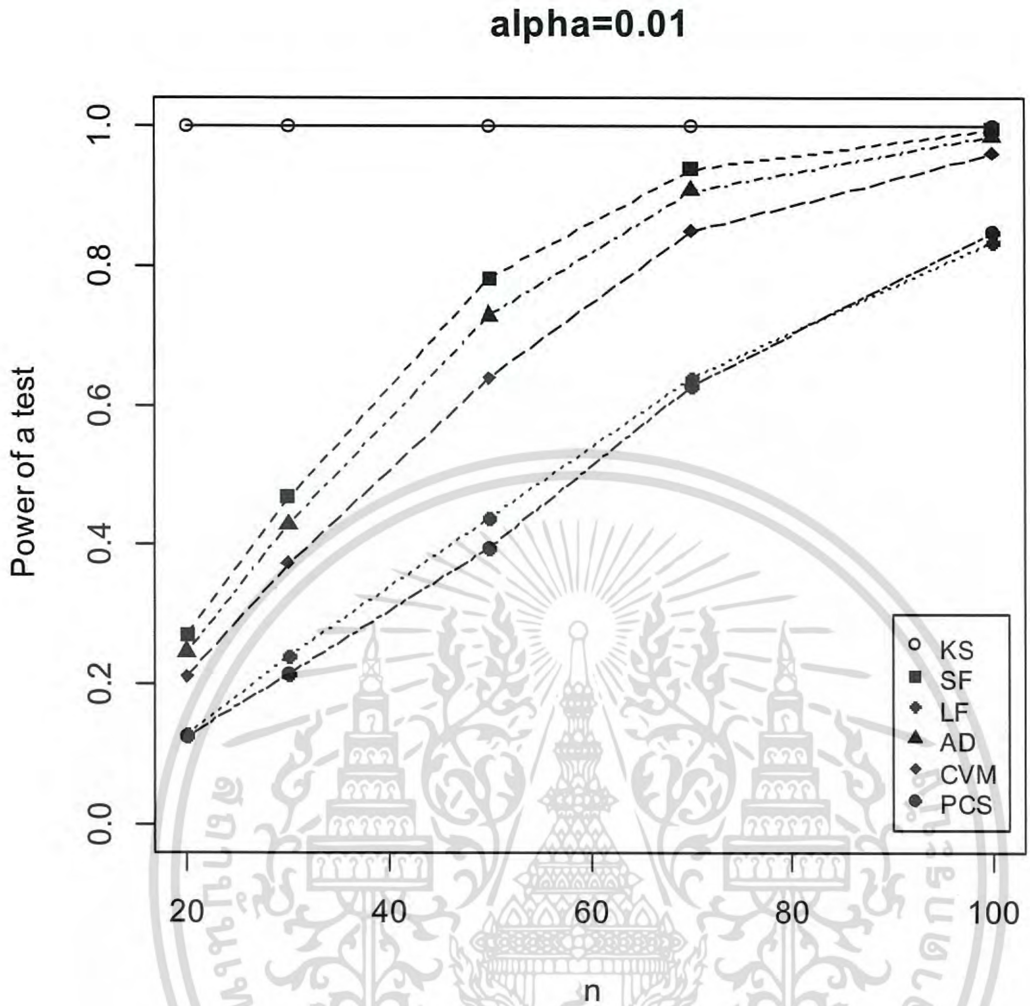
4.2.5 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (2,2) แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (2,2) หรือ Chi-square(4) ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
Gamma (2,2)	20	0.01	0.9998*	0.2712	0.12920	0.2458	0.2100	0.1260
		0.05	1*	0.4966	0.3186	0.4644	0.4184	0.2780
		0.1	1*	0.6248	0.4550	0.5880	0.5424	0.4292
	30	0.01	1*	0.4676	0.2404	0.4280	0.3724	0.2130
		0.05	1*	0.7206	0.4642	0.6712	0.6076	0.4212
		0.1	1*	0.8072	0.6002	0.7628	0.7106	0.5412
	50	0.01	1*	0.7814	0.4366	0.7282	0.6380	0.3954
		0.05	1*	0.9302	0.7120	0.9000	0.8496	0.6720
		0.1	1*	0.9608	0.8032	0.9382	0.8990	0.7502
	70	0.01	1*	0.9384	0.6382	0.9070	0.8492	0.6266
		0.05	1*	0.9858	0.8424	0.9706	0.9410	0.8100
		0.1	1*	0.9944	0.9172	0.9888	0.9718	0.8912
	100	0.01	1*	0.9958	0.8344	0.9860	0.9608	0.8472
		0.05	1*	0.9990	0.9468	0.9964	0.9902	0.9412
		0.1	1*	1*	0.9826	0.9996	0.9964	0.9720

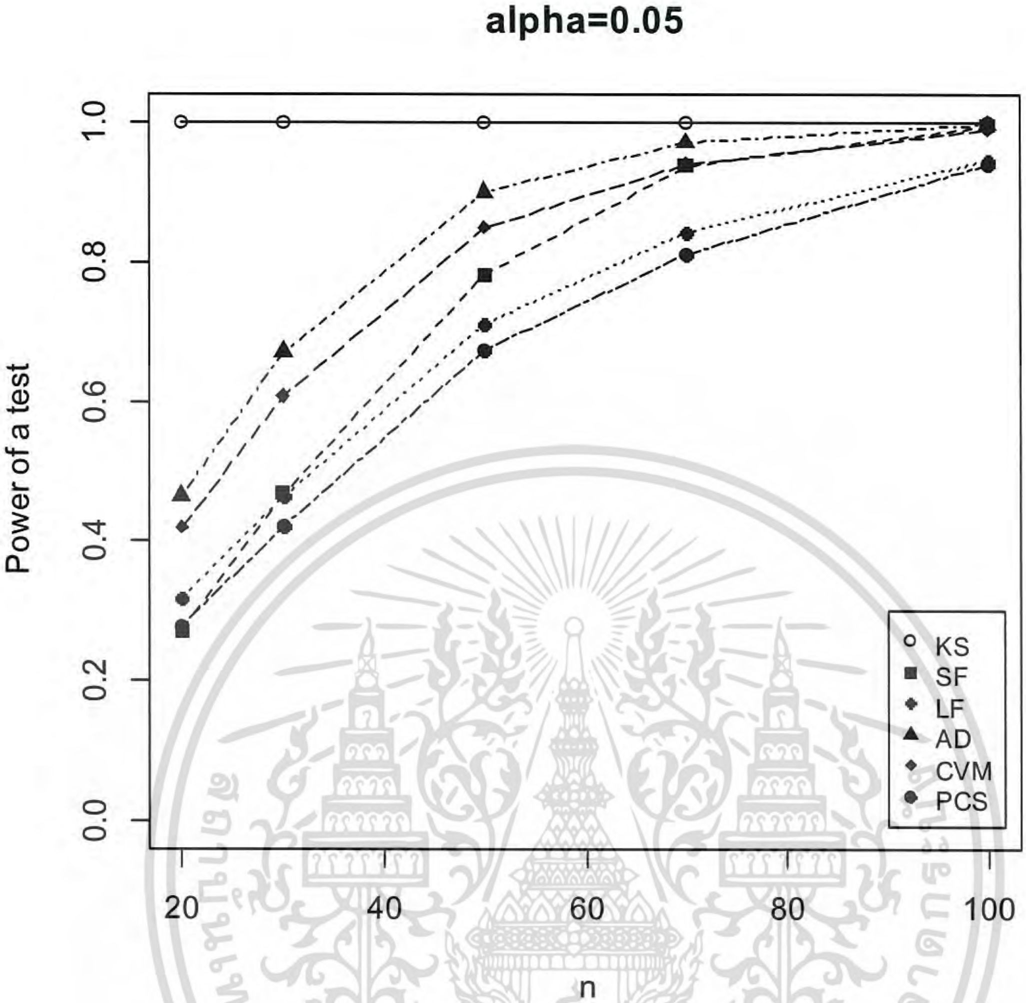
* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (2,2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.8 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.22 – 4.24 ตามลำดับ



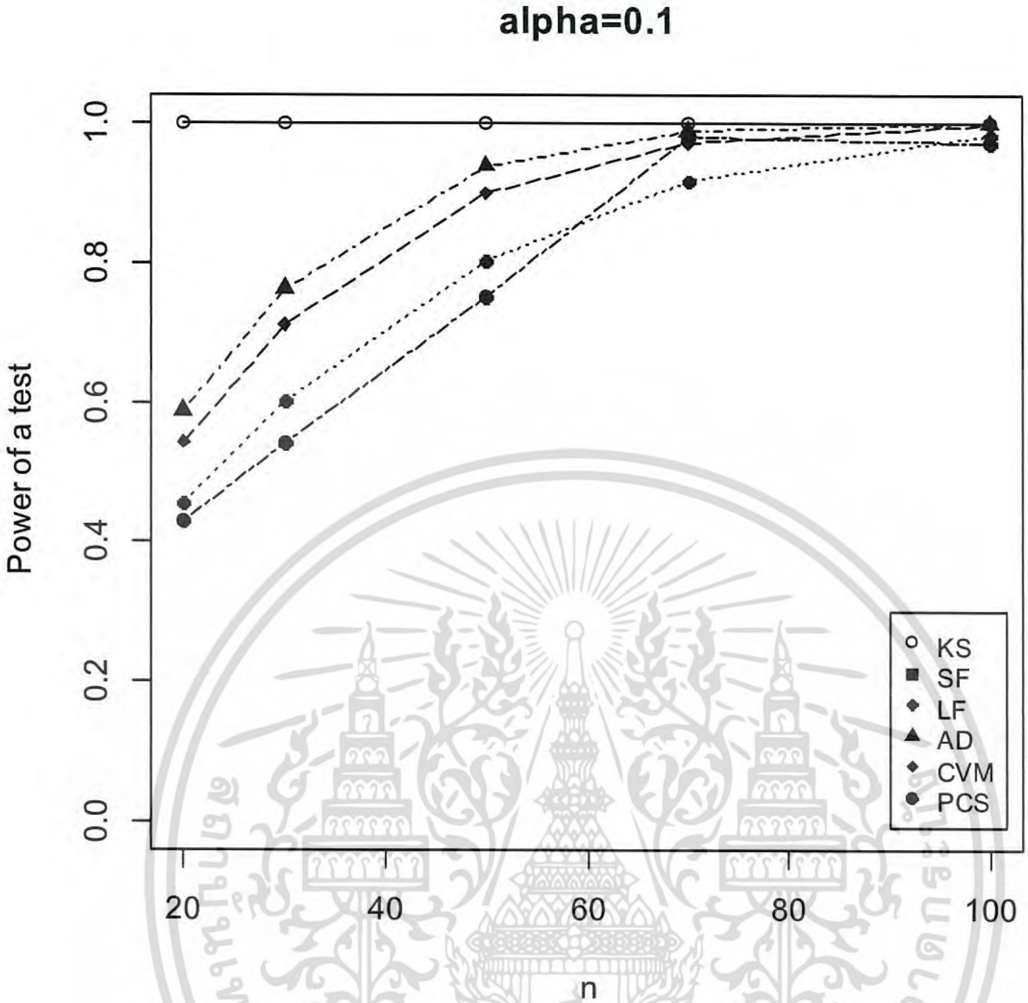
รูปที่ 4.22 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (2,2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.22 สถิติทดสอบ KS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 70 และ 100 โดยมีค่าเท่ากันทุกขนาดตัวอย่าง คือ 1 และสถิติทดสอบอื่นๆ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.23 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (2,2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.23 สถิติทดสอบ KS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 70 และ 100 โดยมีค่าเท่ากันทุกขนาดตัวอย่าง คือ 1 และสถิติทดสอบอื่นๆ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.24 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (2,2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.24 สถิติทดสอบ KS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 70 และ 100 โดยมีค่าเท่ากันทุกขนาดตัวอย่าง คือ 1 สถิติทดสอบ SF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และสถิติทดสอบอื่นๆ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น

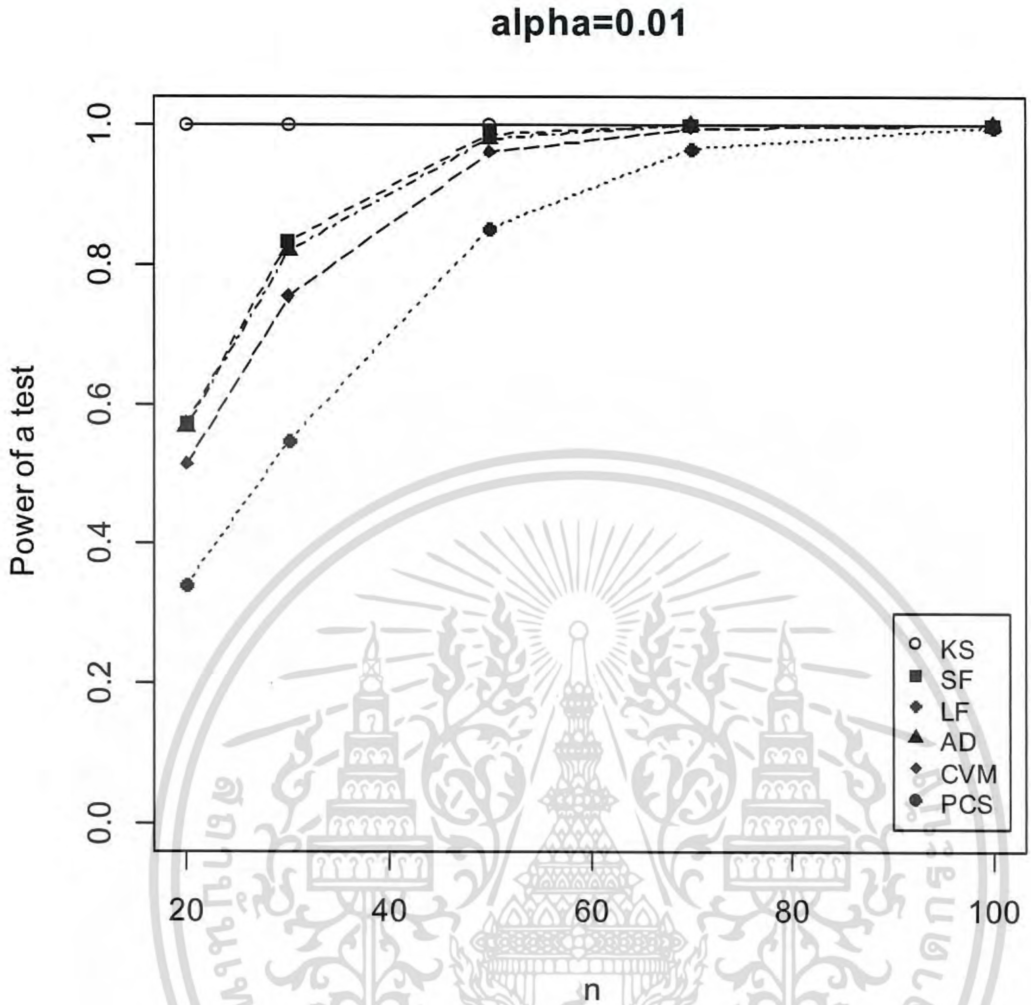
4.2.6 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (1,(1/3)) แสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (1,(1/3)) หรือ Exponential(0.333) ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
Gamma (1,(1/3))	20	0.01	1*	0.5712	0.3414	0.5674	0.514	0.4316
		0.05	1*	0.7944	0.5614	0.7736	0.7226	0.6566
		0.1	1*	0.8776	0.6982	0.8614	0.8184	0.751
	30	0.01	1*	0.8326	0.546	0.8204	0.7538	0.6476
		0.05	1*	0.949	0.7724	0.933	0.9004	0.8526
		0.1	1*	0.9726	0.8712	0.9634	0.9416	0.893
	50	0.01	1*	0.9868	0.852	0.9804	0.961	0.8684
		0.05	1*	0.9988	0.9614	0.998	0.9936	0.9846
		0.1	1*	0.9992	0.9822	0.9988	0.9958	0.9914
	70	0.01	1*	0.9998	0.9674	0.9992	0.9952	0.9776
		0.05	1*	1*	0.9966	1*	0.999	0.9988
		0.1	1*	1*	0.999	1*	0.9998	0.9994
	100	0.01	1*	1*	0.999	1*	1*	0.998
		0.05	1*	1*	1*	1*	1*	1*
		0.1	1*	1*	1*	1*	1*	1*

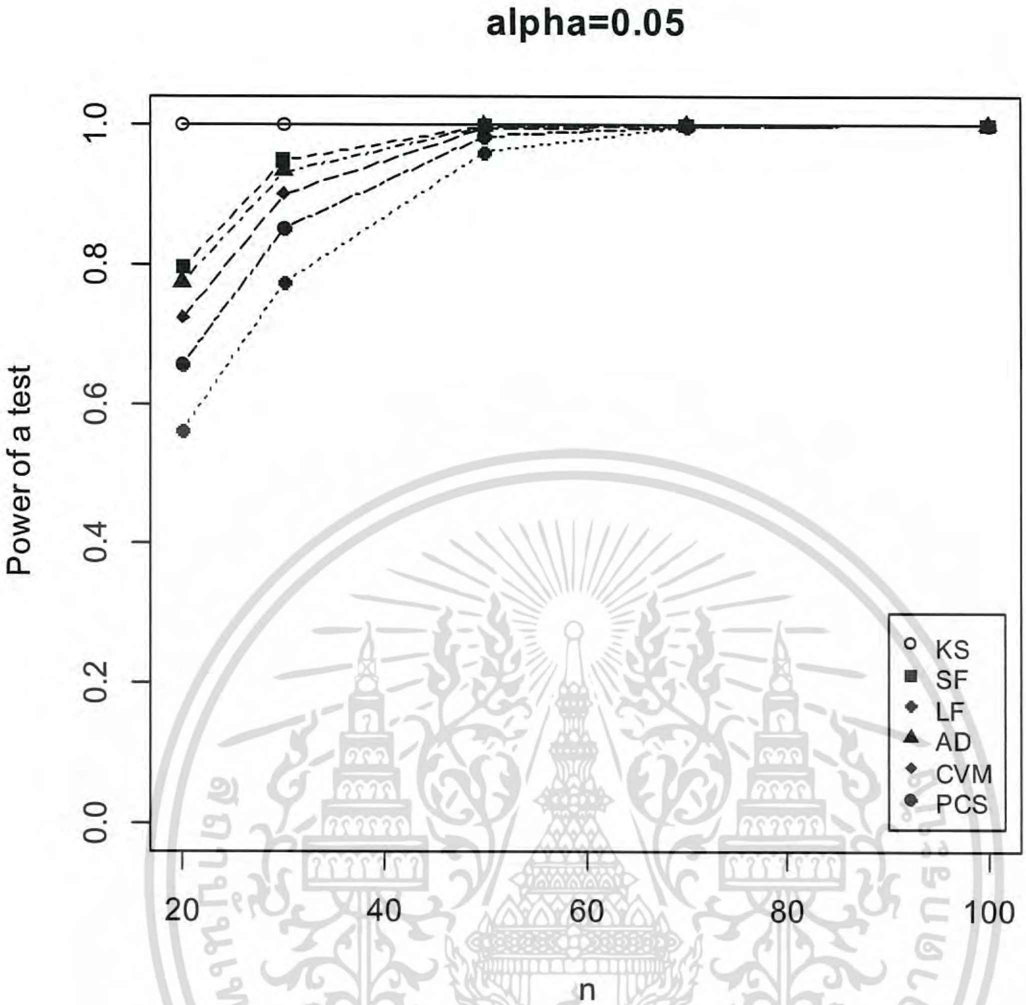
* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (1,(1/3)) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.9 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.25 – 4.27 ตามลำดับ



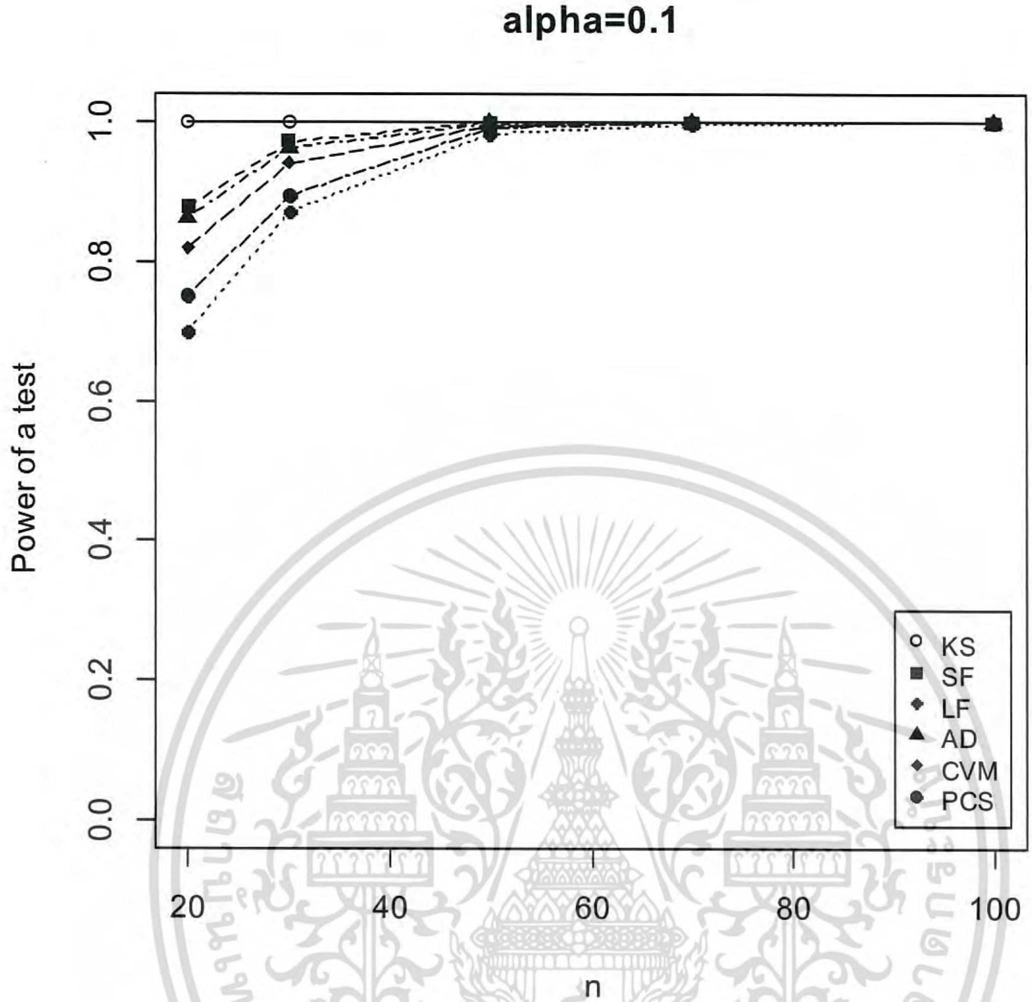
รูปที่ 4.25 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (1,(1/3)) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.25 สถิติทดสอบ KS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 และ 70 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 สถิติทดสอบ KS SF AD และ CVM มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.26 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) คือ (1,(1/3)) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.26 สถิติทดสอบ KS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 และ 50 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 สถิติทดสอบ KS SF และ AD มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 สถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.27 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β) คือ (1,(1/3)) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.27 สถิติทดสอบ KS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 และ 50 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 สถิติทดสอบ KS SF และ AD มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 สถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

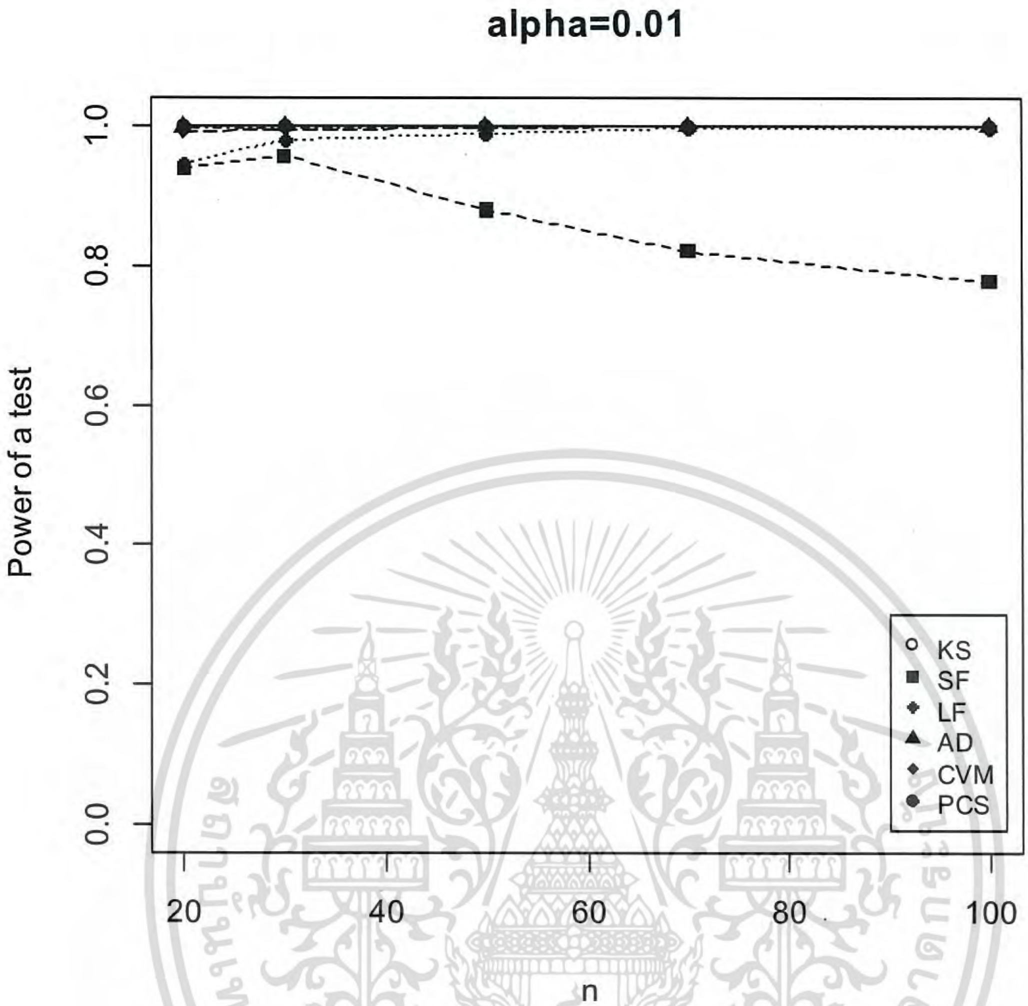
4.2.7 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงทวินามที่มีค่าพารามิเตอร์ (n,p) คือ (20,0.2) (30,0.2) (50,0.2) B(70,0.2) และ (100,0.2) แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงทวินาม ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
B(20,0.2)	20	0.01	1*	0.9388	0.9448	0.9978	0.9918	1*
		0.05	1*	0.9998	0.9988	1*	1*	1*
		0.1	1*	1*	1*	1*	1*	1*
B(30,0.2)	30	0.01	1*	0.9564	0.9792	0.9988	0.9958	1*
		0.05	1*	1*	0.9996	1*	1*	1*
		0.1	1*	1*	1*	1*	1*	1*
B(50,0.2)	50	0.01	1*	0.8798	0.9896	0.9998	0.9986	1*
		0.05	1*	0.9998	1*	1*	1*	1*
		0.1	1*	1*	1*	1*	1*	1*
B(70,0.2)	70	0.01	1*	0.8210	0.9962	0.9996	0.9992	1*
		0.05	1*	1*	1*	1*	1*	1*
		0.1	1*	1*	1*	1*	1*	1*
B(100,0.2)	100	0.01	1*	0.7778	0.9984	0.9994	0.9998	1*
		0.05	1*	0.9986	1*	1*	1*	1*
		0.1	1*	1*	1*	1*	1*	1*

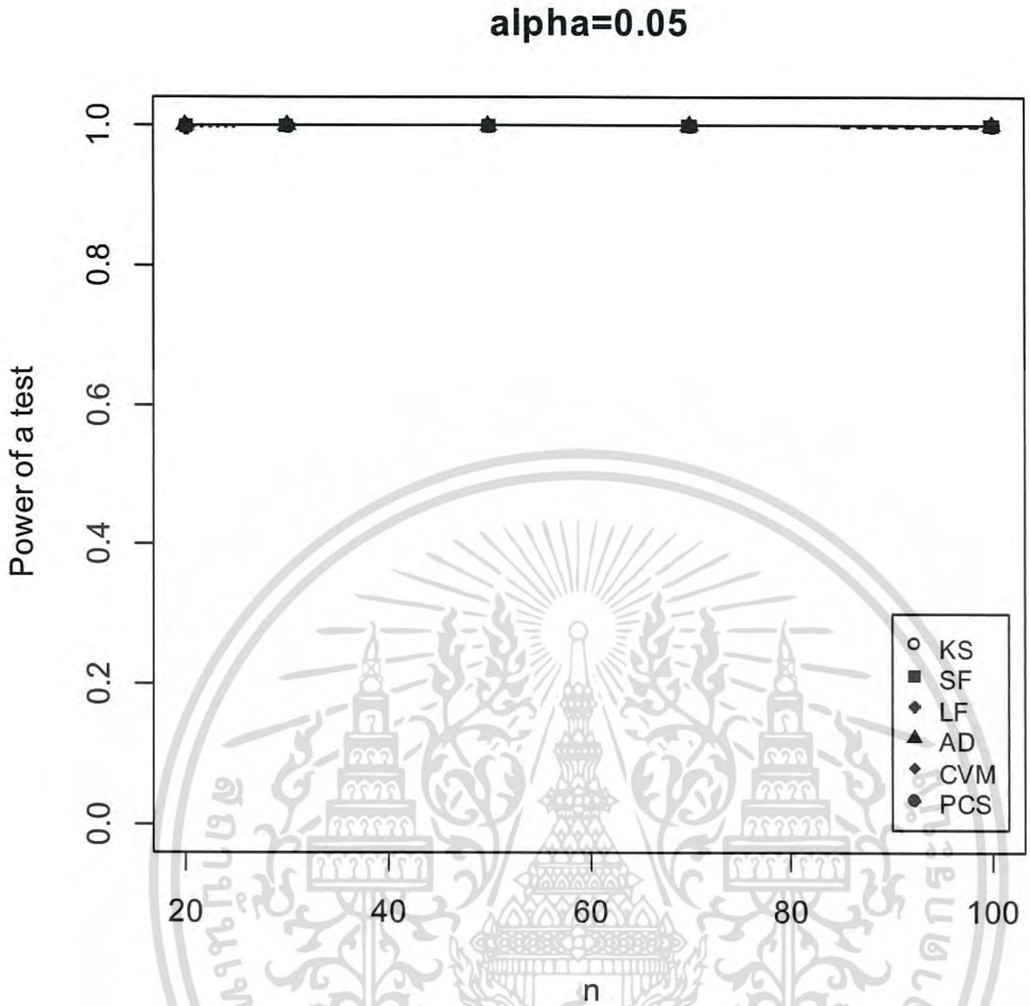
* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงทวินามที่มีค่าพารามิเตอร์ (n,p) คือ (20,0.2) (30,0.2) (50,0.2) (70,0.2) และ (100,0.2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.10 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.28 – 4.30 ตามลำดับ



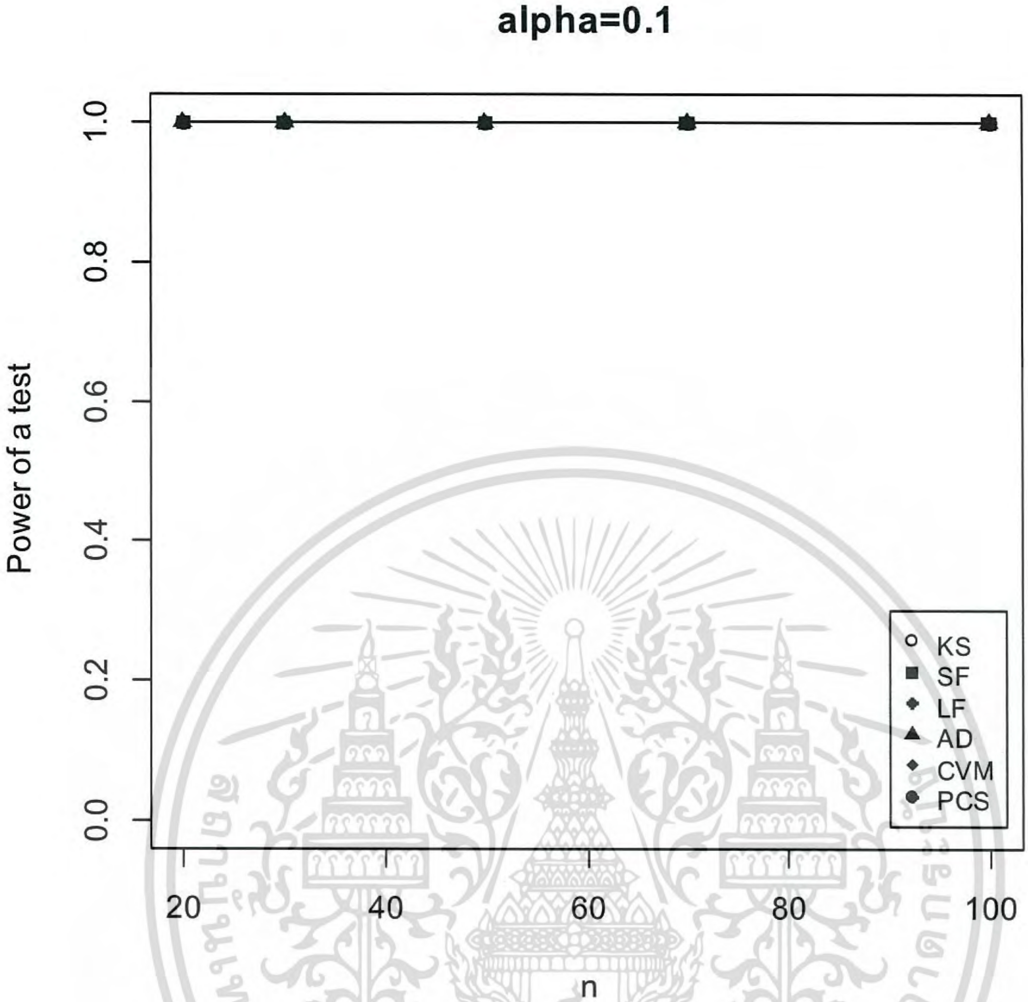
รูปที่ 4.28 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทวินามที่มีค่าพารามิเตอร์ (n,p) คือ (20,0.2) (30,0.2) (50,0.2) (70,0.2) และ (100,0.2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.28 สถิติทดสอบ KS และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 70 และ 100 โดยมีค่าเท่ากันทุกขนาดตัวอย่าง คือ 1 และสถิติทดสอบอื่นๆ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่ากำลังการทดสอบจะมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.29 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทวินามที่มีค่าพารามิเตอร์ (n,p) คือ (20,0.2) (30,0.2) (50,0.2) (70,0.2) และ (100,0.2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.29 สถิติทดสอบ KS AD CVM และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 สถิติทดสอบ KS SF AD CVM และ PCS เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 สถิติทดสอบ CPS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 สถิติทดสอบ KS LF AD CVM และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 สถิติทดสอบทุกการทดสอบมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.30 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงทวินามที่มีค่าพารามิเตอร์ (n,p) คือ (20,0.2) (30,0.2) (50,0.2) (70,0.2) และ (100,0.2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.30 สถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดและมีค่าเท่ากับคือ 1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 70 และ 100

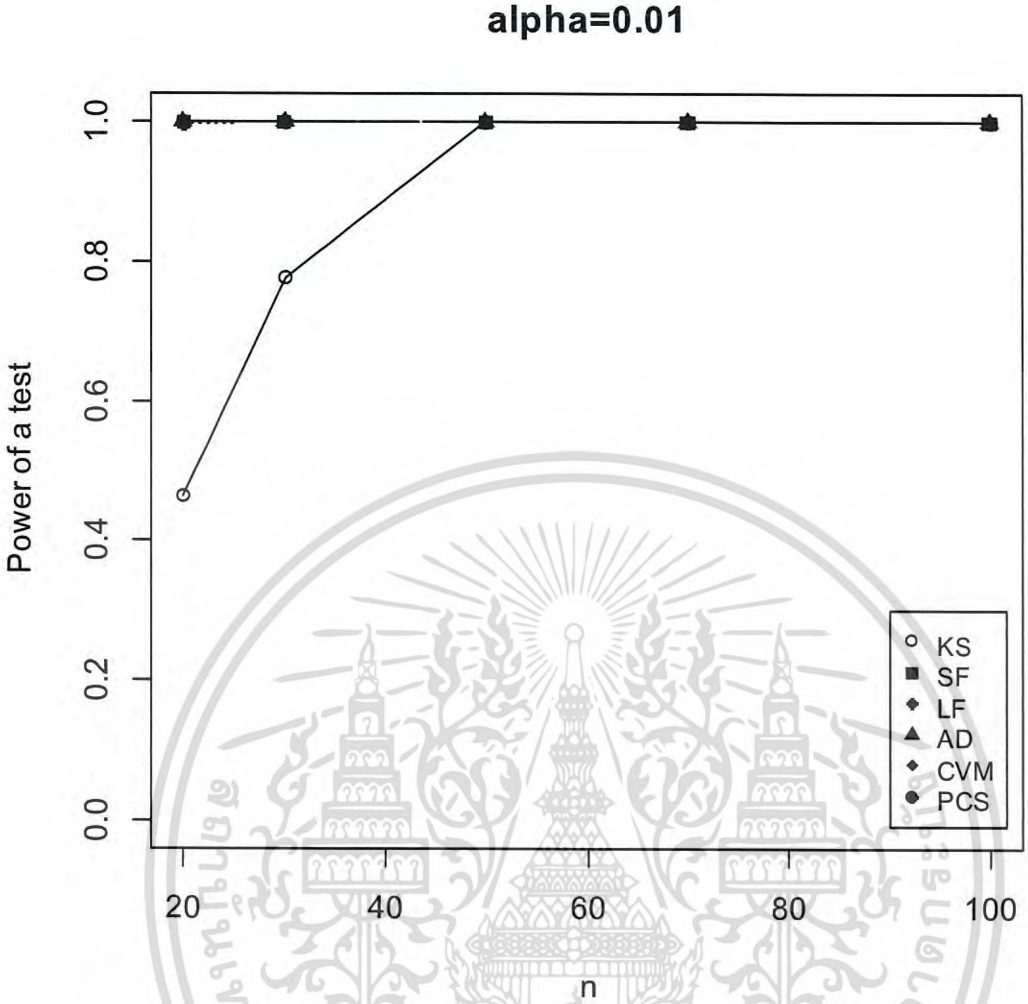
4.2.8 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 0.5 แสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
Poisson(0.5)	20	0.01	0.4646	0.9996	0.9982	1*	1*	1*
		0.05	0.8838	1*	1*	1*	1*	1*
		0.1	0.8966	1*	1*	1*	1*	1*
	30	0.01	0.7772	1*	1*	1*	1*	1*
		0.05	1*	1*	1*	1*	1*	1*
		0.1	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	50	0.01	1*	1*	1*	1*	1*	1*
		0.05	1*	1*	1*	1*	1*	1*
		0.1	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	70	0.01	1*	1*	1*	1*	1*	1*
		0.05	1*	1*	1*	1*	1*	1*
		0.1	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	100	0.01	1*	1*	1*	1*	1*	1*
		0.05	1*	1*	1*	1*	1*	1*
		0.1	1*	1*	1*	1*	1*	1*

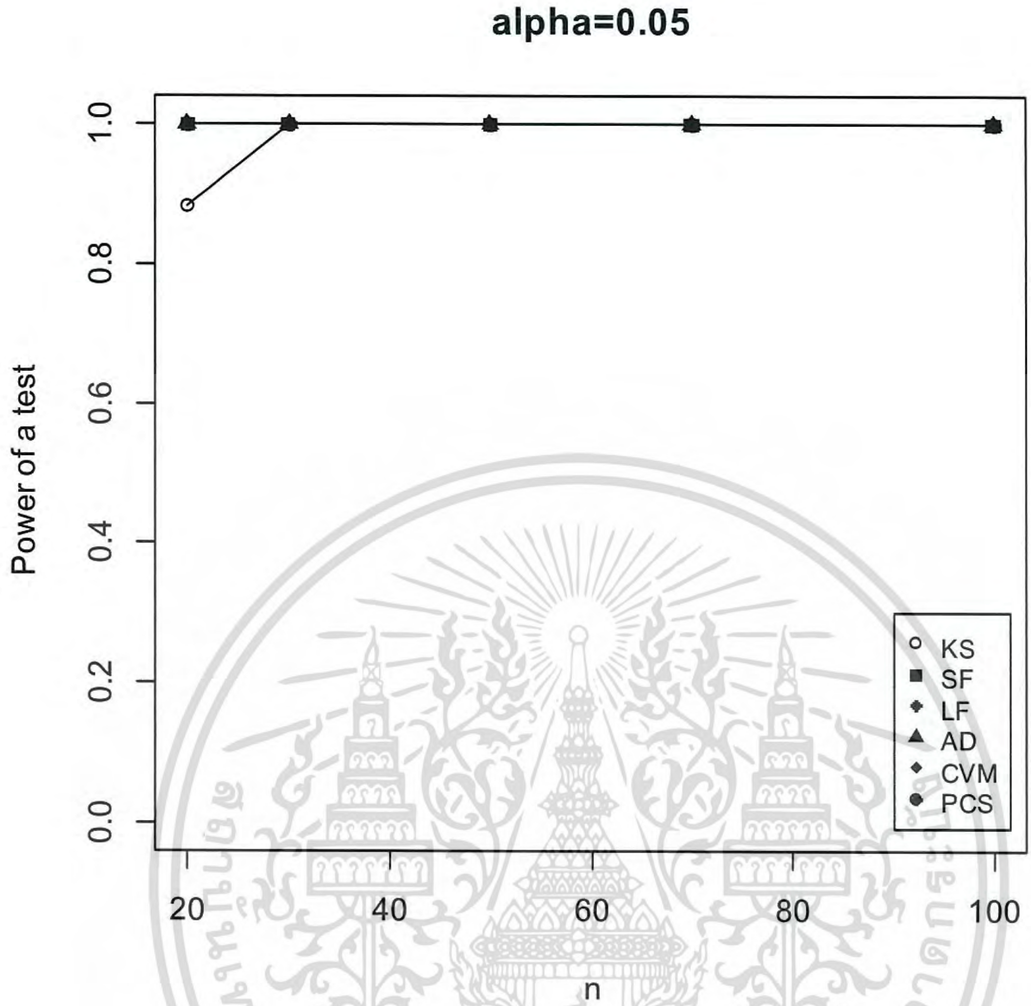
* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.11 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.31 – 4.33 ตามลำดับ



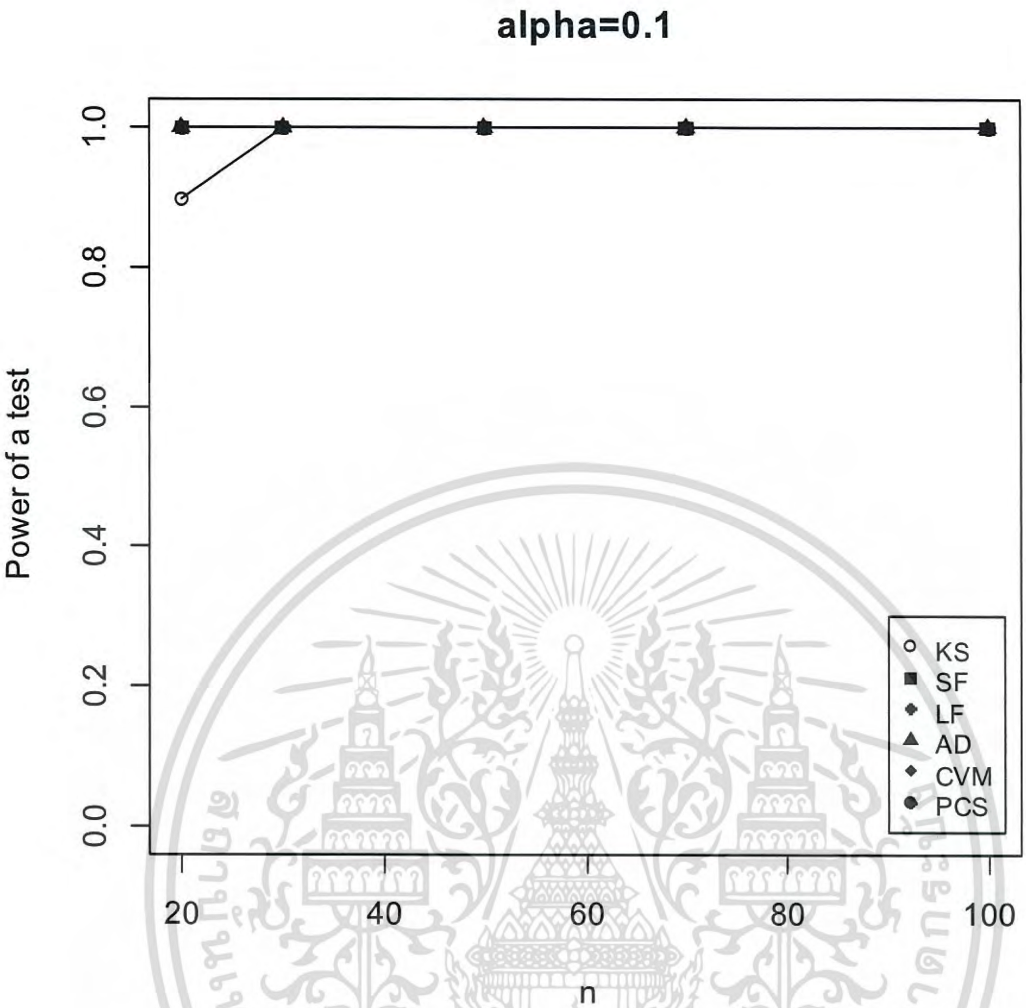
รูปที่ 4.31 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.31 สถิติทดสอบ AD CVM และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 สถิติทดสอบ SF LF AD CVM และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นสถิติทดสอบทุกการทดสอบมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.32 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.32 สถิติทดสอบ SF LF AD CVM และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 50 70 และ 100 สถิติทดสอบทุกการทดสอบมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.33 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 0.5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.33 สถิติทดสอบ SF LF AD CVM และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 50 70 และ 100 สถิติทดสอบทุกการทดสอบมีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

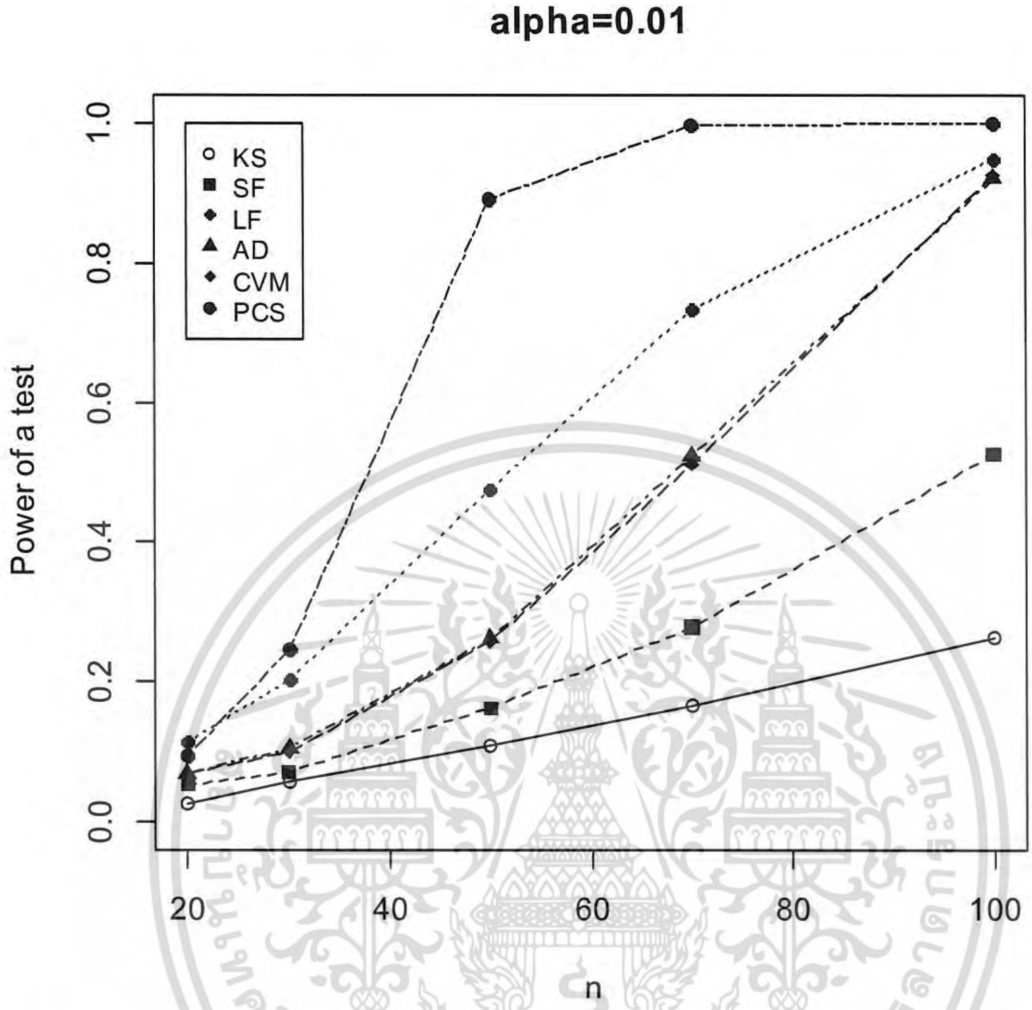
4.2.9 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 5 แสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
Poisson(5)	20	0.01	0.0256	0.0516	0.1140*	0.0670	0.0670	0.0934
		0.05	0.0944	0.1620	0.2888*	0.2000	0.2028	0.2414
		0.1	0.1686	0.2884	0.4532*	0.3634	0.3682	0.4192
	30	0.01	0.0564	0.0704	0.2030	0.1042	0.0994	0.2456*
		0.05	0.1346	0.2442	0.4614	0.3344	0.3344	0.4920*
		0.1	0.2862	0.3712	0.6272	0.5044	0.5136	0.6532*
	50	0.01	0.1088	0.1612	0.4748	0.2612	0.2574	0.8908*
		0.05	0.3132	0.4366	0.7746	0.6554	0.6648	0.9784*
		0.1	0.4108	0.6406	0.9038	0.8688	0.8838	0.9890*
	70	0.01	0.1644	0.2772	0.7334	0.5230	0.5104	0.9980*
		0.05	0.3806	0.6414	0.9460	0.9304	0.9438	0.9998*
		0.1	0.5294	0.8524	0.9862	0.9926	0.9960	1*
	100	0.01	0.2636	0.5260	0.9496	0.9214	0.9250	1*
		0.05	0.5928	0.9128	0.9990	1*	1*	1*
		0.1	0.7992	0.9890	1*	1*	1*	1*

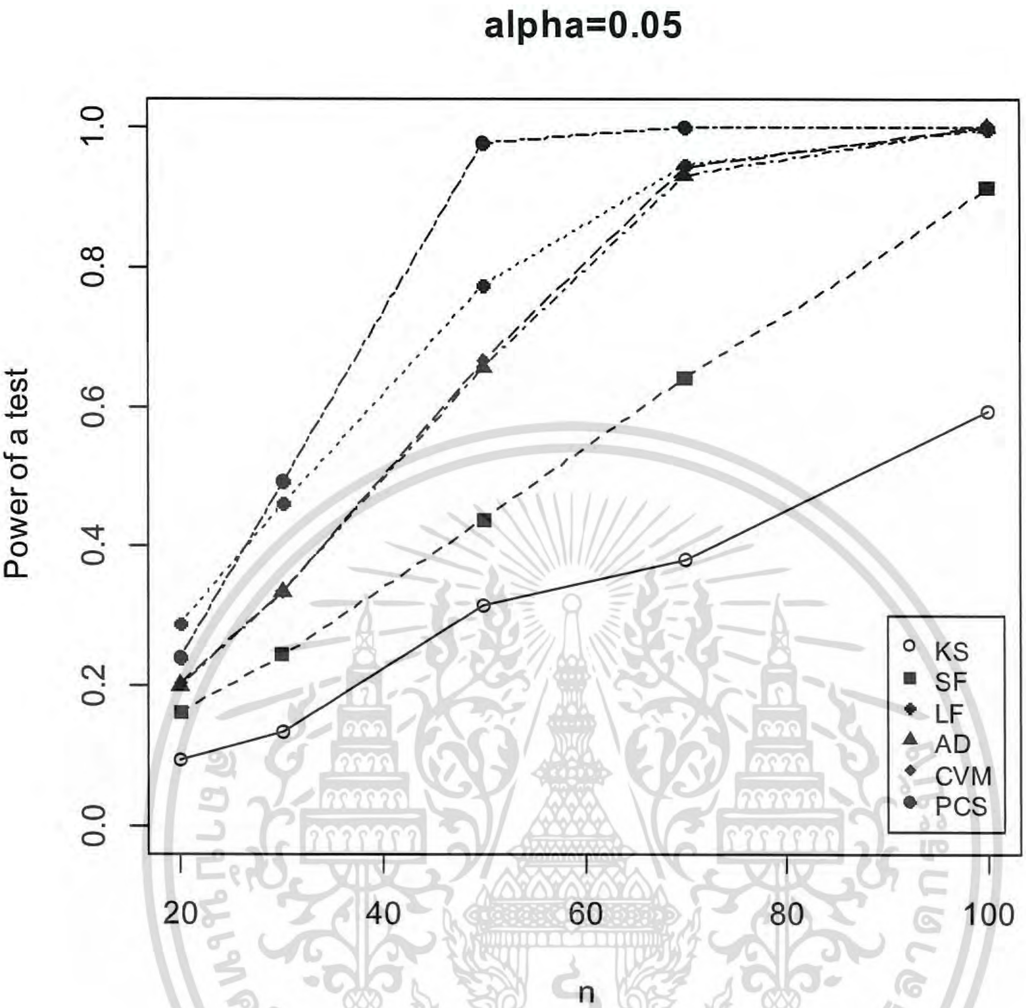
* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.12 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.34 – 4.36 ตามลำดับ



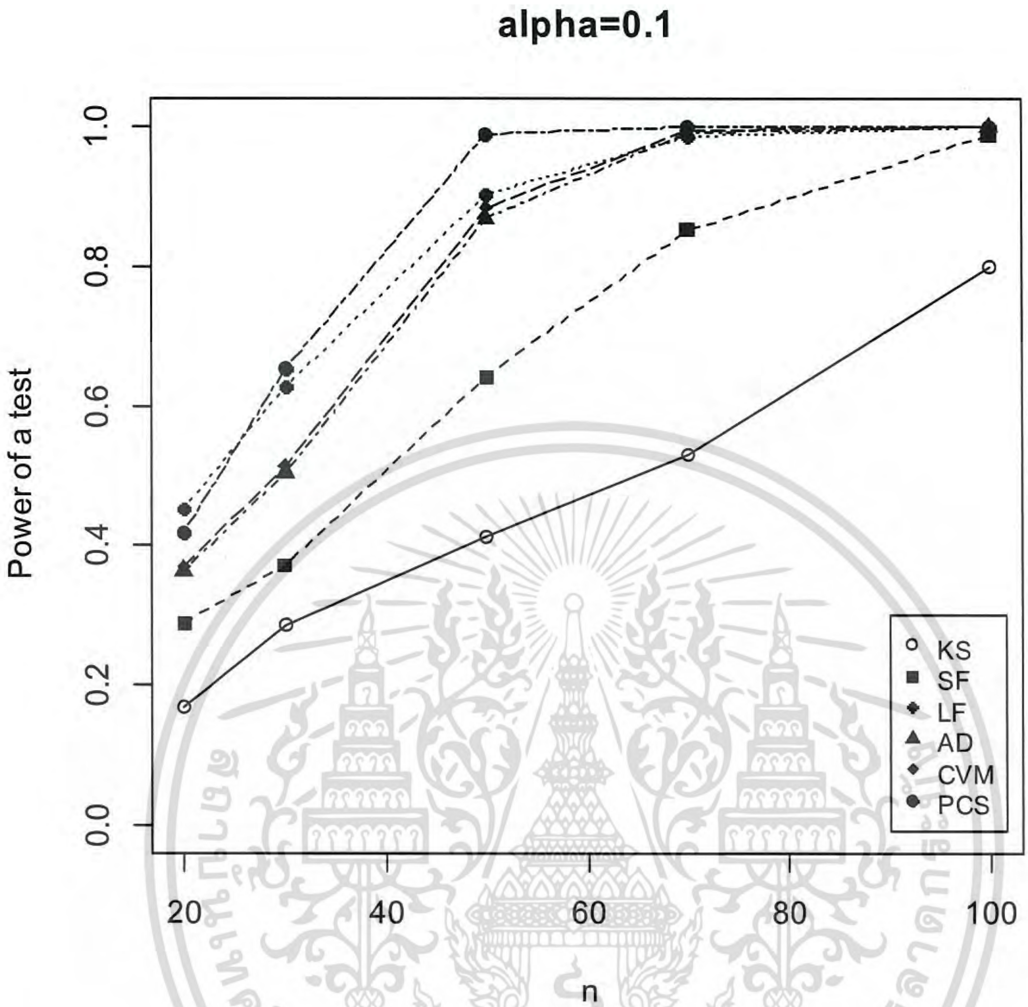
รูปที่ 4.34 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซง ที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.34 สถิติทดสอบ LF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 50 70 และ 100 สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.35 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซง ที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.35 สถิติทดสอบ LF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 50 70 สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 สถิติทดสอบ AD CVM และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.36 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซง ที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.36 สถิติทดสอบ LF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 50 70 สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 สถิติทดสอบ LF AD CVM และ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

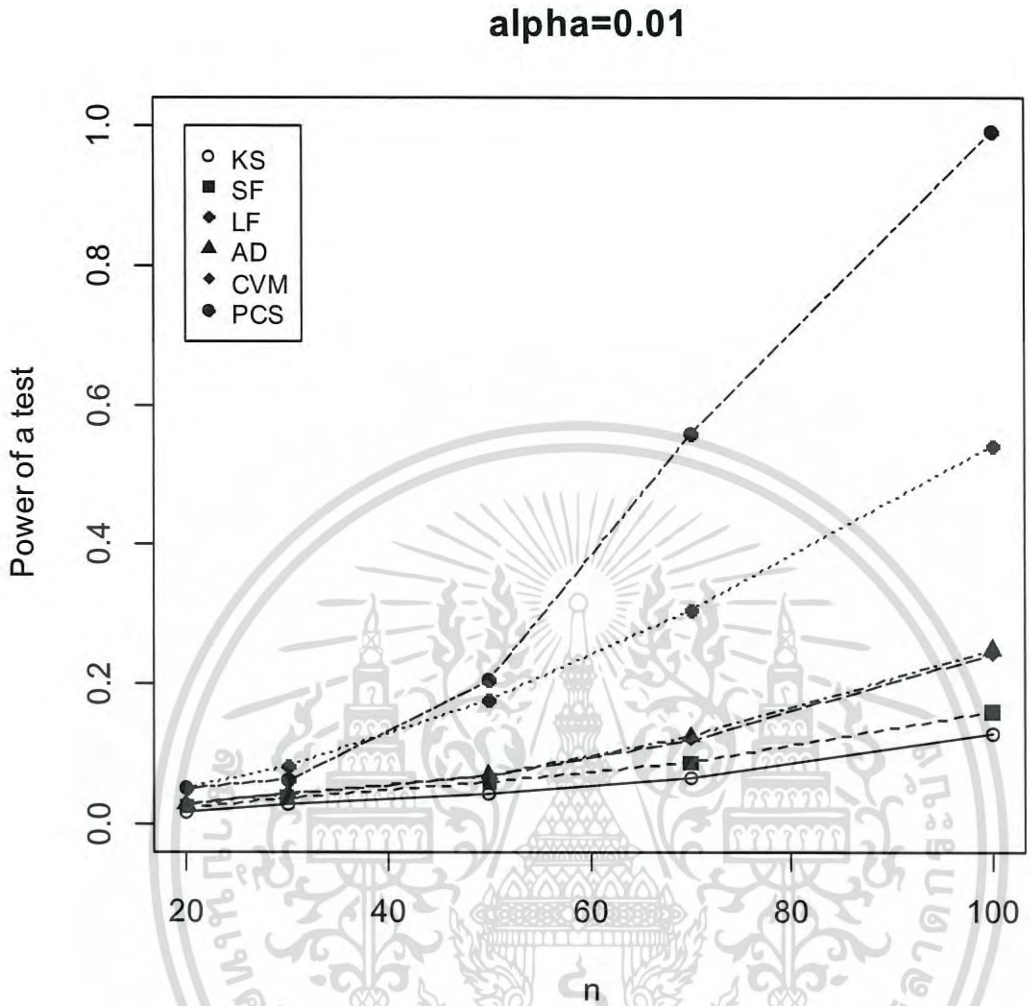
4.2.10 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 10 แสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
Poisson(10)	20	0.01	0.0160	0.0230	0.0498	0.0272	0.0284	0.0500*
		0.05	0.0616	0.1054	0.1604*	0.1190	0.1176	0.1332
		0.1	0.1824	0.1890	0.2654*	0.2086	0.2030	0.2648
	30	0.01	0.0270	0.0372	0.0822*	0.0412	0.0410	0.0612
		0.05	0.0862	0.1316	0.2406*	0.1550	0.1558	0.1826
		0.1	0.2070	0.2266	0.3772*	0.2736	0.2660	0.3140
	50	0.01	0.0432	0.0592	0.1764	0.0692	0.0676	0.2058*
		0.05	0.1556	0.1854	0.4180	0.2524	0.2492	0.4534*
		0.1	0.2862	0.3116	0.5994*	0.4158	0.4224	0.5892
	70	0.01	0.0660	0.0872	0.3070	0.1248	0.1208	0.5576*
		0.05	0.2198	0.2736	0.6246	0.3916	0.3960	0.7584*
		0.1	0.3700	0.4198	0.7934	0.6118	0.6230	0.8702*
	100	0.01	0.1268	0.1596	0.5412	0.2486	0.2422	0.9912*
		0.05	0.3242	0.4146	0.8546	0.6616	0.6830	0.9966*
		0.1	0.4830	0.6122	0.9428	0.8706	0.8950	0.9990*

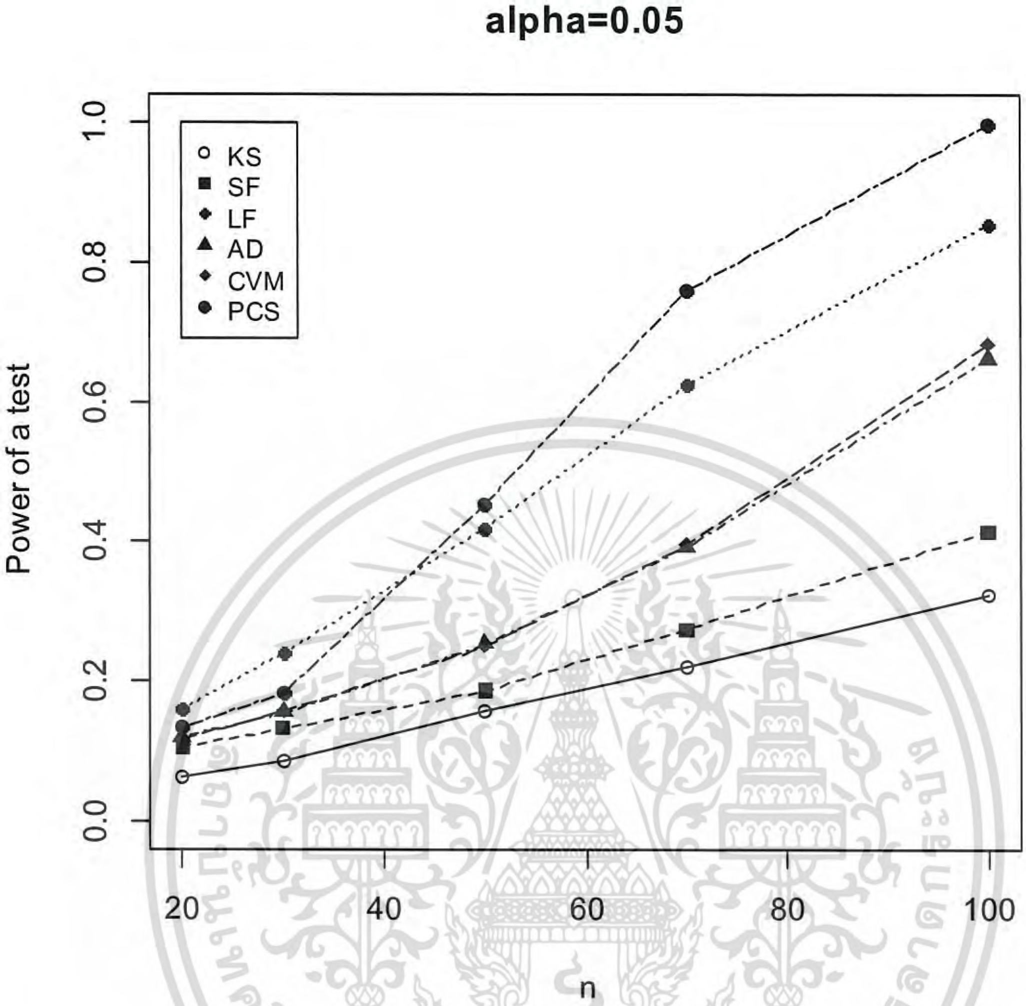
* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.13 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.37 – 4.39 ตามลำดับ



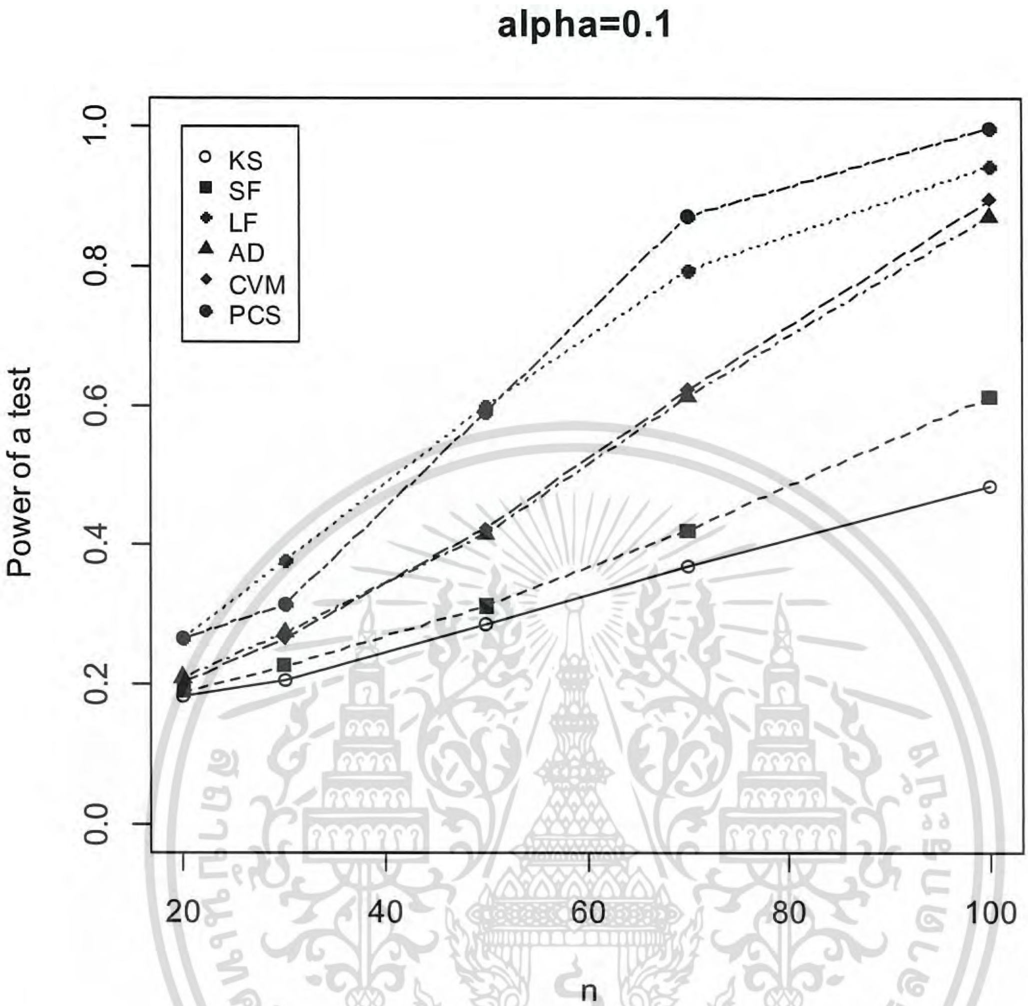
รูปที่ 4.37 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซง ที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.37 สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 50 70 และ 100 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 สถิติทดสอบ LF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.38 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซง ที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.38 สถิติทดสอบ LF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 30 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 70 และ 100 สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.39 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซง ที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.39 สถิติทดสอบ LF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 และ 50 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 และ 100 สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

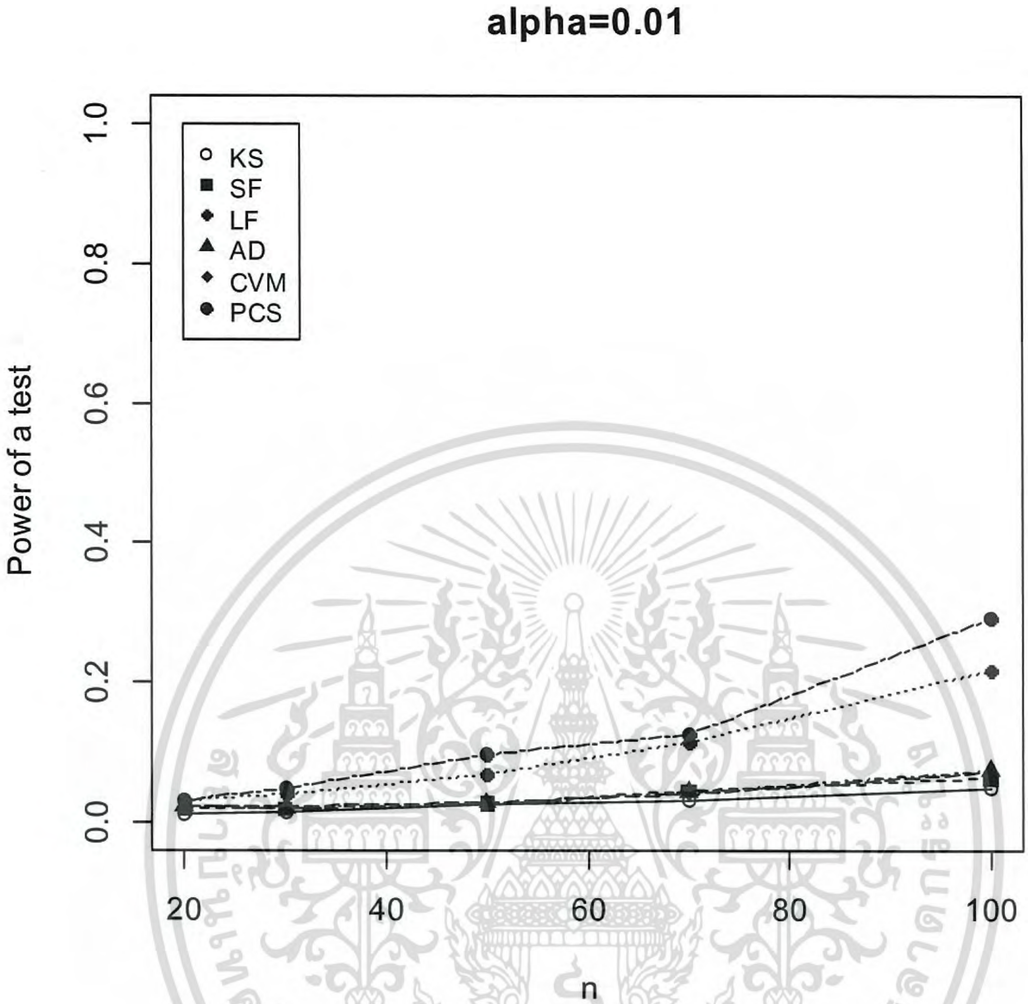
4.2.11 การเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 20 แสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

การแจกแจง	n	α	สถิติทดสอบ					
			KS	SF	LF	AD	CVM	PCS
Poisson(20)	20	0.01	0.0116	0.0192	0.0298	0.0206	0.0214	0.0316*
		0.05	0.0564	0.0756	0.1076	0.0804	0.0802	0.1082*
		0.1	0.0988	0.1438	0.1830	0.1530	0.1510	0.2062*
	30	0.01	0.0130	0.0184	0.0386	0.0198	0.0206	0.0486*
		0.05	0.0686	0.0876	0.1378	0.0888	0.0928	0.1496*
		0.1	0.1174	0.1614	0.2384	0.1650	0.1646	0.2568*
	50	0.01	0.0252	0.0250	0.0692	0.0260	0.0264	0.0962*
		0.05	0.1044	0.1128	0.2294	0.1322	0.1314	0.2302*
		0.1	0.1552	0.2062	0.3560	0.2344	0.2312	0.3306*
	70	0.01	0.0316	0.0438	0.1126	0.0424	0.0404	0.1256*
		0.05	0.1280	0.1418	0.3302*	0.1646	0.1592	0.2762
		0.1	0.2004	0.2248	0.4886*	0.2792	0.2816	0.3996
	100	0.01	0.0484	0.0612	0.2158	0.0736	0.0702	0.2914*
		0.05	0.1788	0.1812	0.4790	0.2396	0.2384	0.4878*
		0.1	0.2930	0.3156	0.6700*	0.4092	0.4116	0.5936

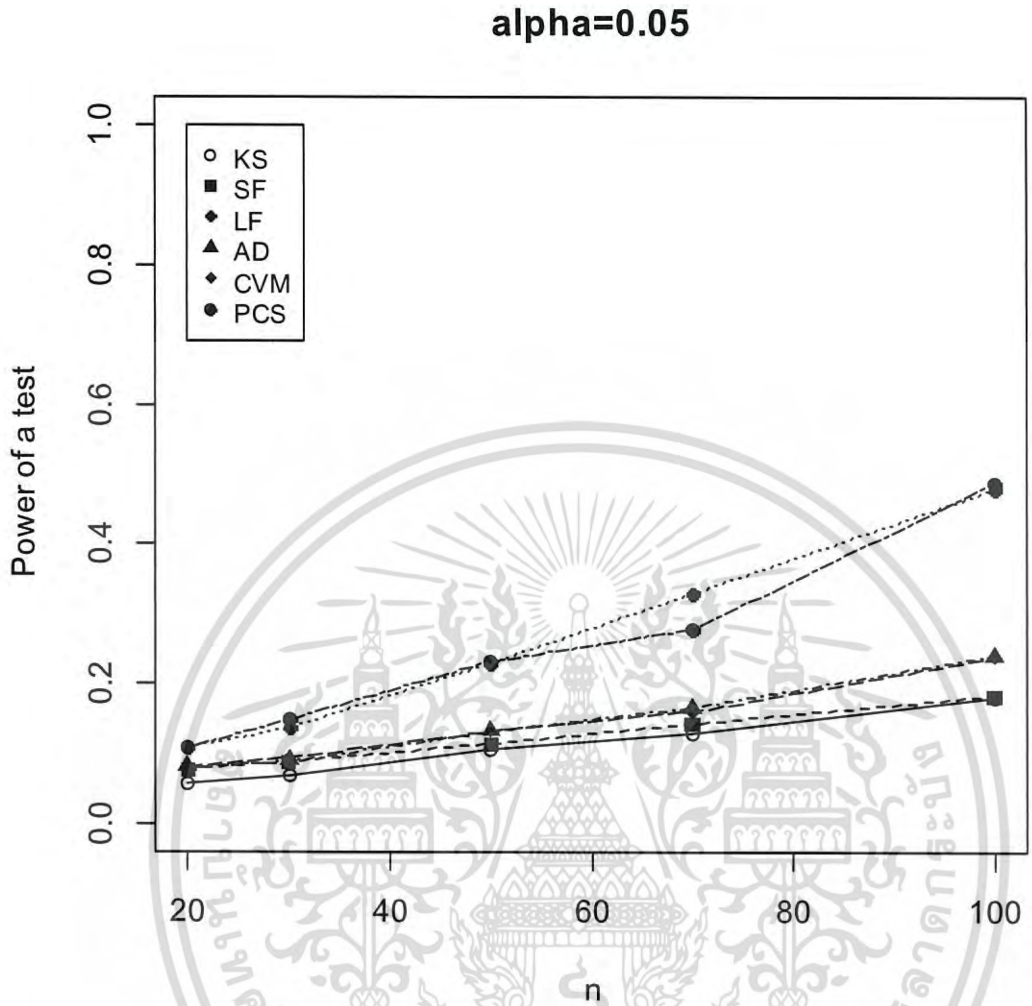
* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4.14 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.37 – 4.39 ตามลำดับ



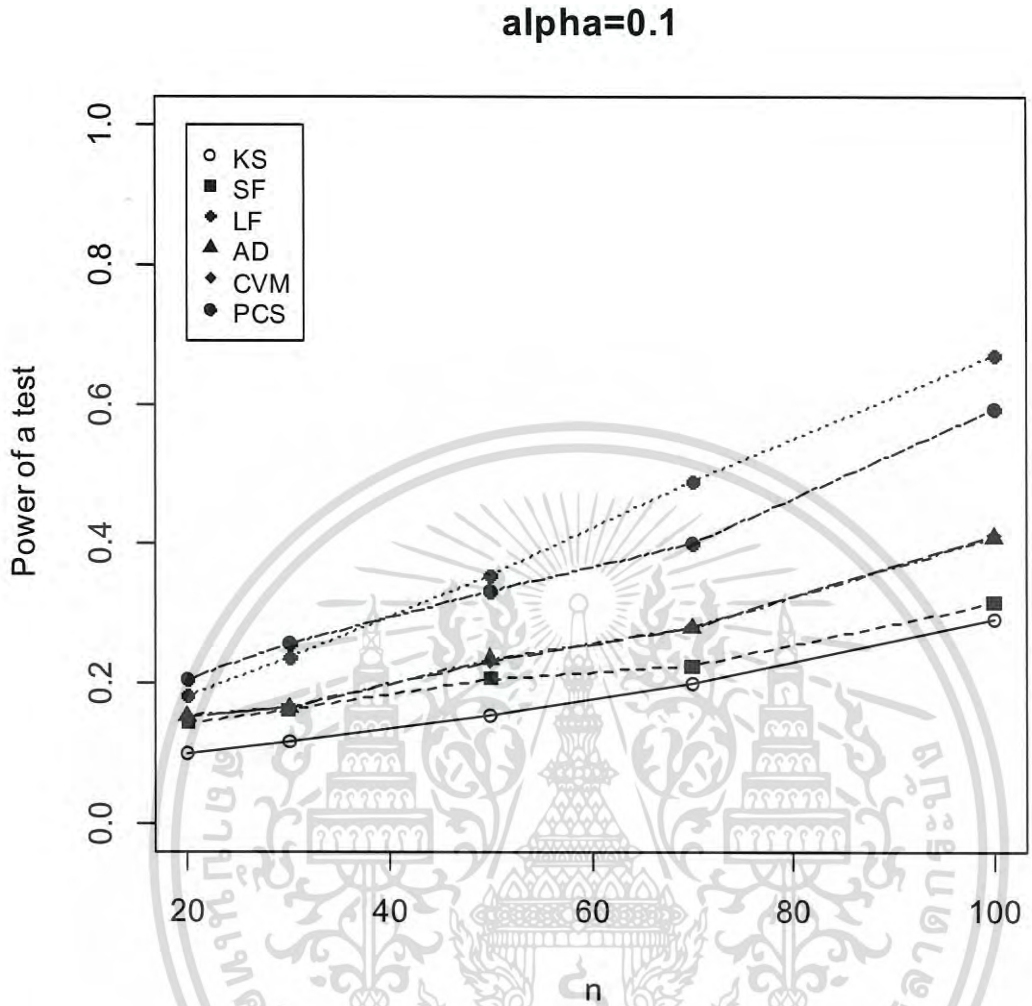
รูปที่ 4.40 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซง ที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.40 สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 70 และ 100



รูปที่ 4.41 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซง ที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.41 สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 และ 100 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 สถิติทดสอบ LF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด



รูปที่ 4.42 กำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ภายใต้การแจกแจงปัวซง ที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) คือ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.42 สถิติทดสอบ PCS มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 และ 50 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 และ 100 สถิติทดสอบ LF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ 6 การทดสอบ ที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงปรกติ โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบ ประกอบด้วย สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF) สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM) และสถิติทดสอบ Pearson Chi–square (PCS) ประชากรที่ศึกษาประกอบด้วยประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ สำหรับการทดสอบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และประชากรที่ไม่ได้มีการแจกแจงปรกติ ในที่นี้ประกอบด้วย การแจกแจงที การแจกแจงแกมมา การแจกแจงทวินาม และการแจกแจงปัวซง สำหรับการหากำลังการทดสอบ โดยแต่ละการแจกแจงมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ กัน ดังนี้ การทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบการแจกแจงปรกติที่มีค่าพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เท่ากับ (0,1) (0,4) และ (0,8) การแจกแจงที การทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรี (ν) เท่ากับ 4 12 และ 100 การแจกแจงแกมมา การทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α,β) เท่ากับ (2,4) (2,2) และ (1,(1/3)) การแจกแจงทวินามที่มีค่าพารามิเตอร์ (n,p) เท่ากับ (20,0.2) (30,0.2) (50,0.2) (70,0.2) และ (100,0.2) การแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) เท่ากับ 0.5 5 10 และ 20 กำหนดขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษามี 5 ขนาด คือ 20 30 50 70 และ 100 กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.1 ในแต่ละสถานการณ์ทำการจำลองข้อมูลจากโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชัน 3.0.2 ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 5,000 ครั้ง และทำการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบทางสถิติ โดยสรุปผลที่ได้เป็นดังนี้

5.2 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงปรกติ 3 ตัว สามารถสรุปผลถึงสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดีที่สุด ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

n	α	การแจกแจงปรกติ		
		N(0,1)	N(0,4)	N(0,8)
20	0.01	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
	0.05	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
	0.1	KS,SF,LF,AD,CVM	KS,SF,LF,AD,CVM	KS,SF,LF,AD,CVM
30	0.01	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
	0.05	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
	0.1	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
50	0.01	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM	KS,SF,LF,CVM,PCS
	0.05	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
	0.1	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
70	0.01	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
	0.05	KS,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
	0.1	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
100	0.01	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
	0.05	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
	0.1	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS

KS หมายถึง สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov

SF หมายถึง สถิติทดสอบ Shapiro–Francia

LF หมายถึง สถิติทดสอบ Lilliefor

AD หมายถึง สถิติทดสอบ Anderson–Darling

CVM หมายถึง สถิติทดสอบ Cramer–von Mises

PCS หมายถึง สถิติทดสอบ Pearson Chi–square

ผลการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญสามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยดังนี้

1. สถิติทดสอบ KS พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี

2. สถิติทดสอบ SF พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้กรณีมีการแจกแจงที่ N(0,1) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 และ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.1 ที่ N(0,4) และ N(0,8) สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ

3. สถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี

4. สถิติทดสอบ AD พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้กรณีมีการแจกแจงที่ N(0,1) ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ ที่ N(0,4) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 และ 70 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 ที่ N(0,8) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 70 และ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

5. สถิติทดสอบ CVM พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี

6. สถิติทดสอบ PCS พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้กรณีมีการแจกแจงที่ N(0,1) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 50 70 และ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ ที่ N(0,4) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 30 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 และที่ N(0,8) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 70 และ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

5.3 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ 6 การทดสอบ คือสถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF) สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM) และสถิติทดสอบ Pearson Chi–square (PCS) แยกตามกลุ่มการแจกแจงที การแจกแจงแกมมา การแจกแจงทวินาม และการแจกแจกปัวซง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีการแจกแจงที เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงปรกติ 6 การทดสอบ สามารถสรุปผลถึงสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 สถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรีต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

n	α	การแจกแจงที		
		t_4	t_{12}	t_{100}
20	0.01	SF	SF	SF
	0.05	SF	SF	SF
	0.1	SF	SF	PCS
30	0.01	SF	SF	SF
	0.05	SF	SF	SF
	0.1	SF	SF	PCS
50	0.01	SF	SF	KS
	0.05	SF	SF	PCS
	0.1	SF	SF	SF
70	0.01	SF	SF	SF
	0.05	SF	SF	SF
	0.1	SF	SF	SF
100	0.01	SF	SF	SF
	0.05	SF	SF	SF
	0.1	SF	SF	SF

KS หมายถึง สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov
SF หมายถึง สถิติทดสอบ Shapiro–Francia
LF หมายถึง สถิติทดสอบ Lilliefor
AD หมายถึง สถิติทดสอบ Anderson–Darling
CVM หมายถึง สถิติทดสอบ Cramer–von Mises
PCS หมายถึง สถิติทดสอบ Pearson Chi–square

ผลการพิจารณากำลังการทดสอบ ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ โดยจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงทีที่มีค่าองศาเสรีต่างๆ สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยแต่ละสถิติทดสอบได้ดังนี้

1. สถิติทดสอบ KS พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ t_{100} ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2. สถิติทดสอบ SF พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ t_4 และ t_{12} ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ และ ที่ t_{100} ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 และ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ

3. สถิติทดสอบ LF พบว่าไม่มีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในทุกกรณี

4. สถิติทดสอบ AD พบว่าไม่มีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในทุกกรณี

5. สถิติทดสอบ CVM พบว่าไม่มีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในทุกกรณี

6. สถิติทดสอบ PCS พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ t_{100} ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรณีการแจกแจงแกมมา เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงปรกติ 6 การทดสอบ สามารถสรุปผลถึงสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุด ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 สถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง(n) 20 30 50 70 และ 100

n	α	การแจกแจงแกมมา		
		Gamma(2,4)	Gamma(2,2)	Gamma(1,(1/3))
20	0.01	KS	KS	KS
	0.05	KS	KS	KS
	0.1	KS	KS	KS
30	0.01	KS	KS	KS
	0.05	KS	KS	KS
	0.1	KS	KS	KS
50	0.01	KS	KS	KS
	0.05	KS	KS	KS
	0.1	KS	KS	KS
70	0.01	KS	KS	KS
	0.05	KS	KS	KS,SF,AD
	0.1	KS	KS	KS,SF,AD
100	0.01	KS	KS	KS,SF,AD,CVM
	0.05	KS	KS	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS
	0.1	KS	KS,SF	KS,SF,LF,AD,CVM,PCS

KS หมายถึง สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov

SF หมายถึง สถิติทดสอบ Shapiro–Francia

LF หมายถึง สถิติทดสอบ Lilliefor

AD หมายถึง สถิติทดสอบ Anderson–Darling
CVM หมายถึง สถิติทดสอบ Cramer–von Mises
PCS หมายถึง สถิติทดสอบ Pearson Chi–square

ผลการพิจารณากำลังการทดสอบ ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ โดยจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยแต่ละสถิติทดสอบได้ดังนี้

1. สถิติทดสอบ KS พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในทุกกรณี

2. สถิติทดสอบ SF พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ Gamma(2,2) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 และการแจกแจงที่ Gamma(1,(1/3)) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ

3. สถิติทดสอบ LF พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ Gamma(1,(1/3)) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

4. สถิติทดสอบ AD พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ Gamma(1,(1/3)) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

5. สถิติทดสอบ CVM พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ Gamma(1,(1/3)) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ

6. สถิติทดสอบ PCS พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ Gamma(1,(1/3)) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

กรณีการแจกแจงทวินาม เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงปรกติ 6 การทดสอบ สามารถสรุปผลถึงสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุด ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.4 สถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงทวินามที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 20 30 50 70 และ 100

α	การแจกแจงทวินาม				
	B(20,0.2) $n=20$	B(30,0.2) $n=30$	B(50,0.2) $n=50$	B(70,0.2) $n=70$	B(100,0.2) $n=100$
0.01	KS	KS	KS	KS	KS
0.05	KS,AD,CVM, PCS	KS,SF, AD,CVM,PCS	KS,LF, AD,CVM,PCS	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	KS,LF, AD,CVM,PCS
0.1	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS

KS หมายถึง สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov
SF หมายถึง สถิติทดสอบ Shapiro–Francia
LF หมายถึง สถิติทดสอบ Lilliefor
AD หมายถึง สถิติทดสอบ Anderson–Darling
CVM หมายถึง สถิติทดสอบ Cramer–von Mises
PCS หมายถึง สถิติทดสอบ Pearson Chi–square

ผลการพิจารณากำลังการทดสอบ ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ โดยจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงทวินามที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยแต่ละสถิติทดสอบได้ดังนี้

1. สถิติทดสอบ KS พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ B(20,0.2) B(30,0.2) B(50,0.2) B(70,0.2) และ B(100,0.2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

2. สถิติทดสอบ SF พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ B(30,0.2) และ B(70,0.2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 การแจกแจง B(20,0.2) B(30,0.2) B(50,0.2) B(70,0.2) และ B(100,0.2) มีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุด

3. สถิติทดสอบ LF พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ B(50,0.2) B(70,0.2) และ B(100,0.2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 การแจกแจงที่ B(20,0.2) B(30,0.2) B(50,0.2) B(70,0.2) และ B(100,0.2) มีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุด

4. สถิติทดสอบ AD พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ B(20,0.2) B(30,0.2) B(50,0.2) B(70,0.2) และ B(100,0.2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

5. สถิติทดสอบ CVM พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ B(20,0.2) B(30,0.2) B(50,0.2) B(70,0.2) และ B(100,0.2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

6. สถิติทดสอบ PCS พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ B(20,0.2) B(30,0.2) B(50,0.2) B(70,0.2) และ B(100,0.2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

กรณีการแจกแจงปัวซง เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงปรกติ 6 การทดสอบ สามารถสรุปผลถึงสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุด ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.5 สถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100

n	α	การแจกแจงปัวซง			
		Poisson(0.5)	Poisson(5)	Poisson(10)	Poisson(20)
20	0.01	AD,CVM,PCS	LF	PCS	PCS
	0.05	SF,LF,AD,CVM, PCS	LF	LF	PCS
	0.1	SF,LF,AD,CVM, PCS	LF	LF	PCS
30	0.01	SF,LF,AD,CVM, PCS	PCS	LF	PCS
	0.05	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	PCS	LF	PCS
	0.1	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	PCS	LF	PCS
50	0.01	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	PCS	PCS	PCS
	0.05	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	PCS	PCS	PCS
	0.1	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	PCS	LF	PCS

ตารางที่ 5.5 สถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 20 30 50 70 และ 100 (ต่อ)

n	α	การแจกแจงปัวซง			
		Poisson(0.5)	Poisson(5)	Poisson(10)	Poisson(20)
70	0.01	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	PCS	PCS	PCS
	0.05	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	PCS	PCS	LF
	0.1	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	PCS	PCS	LF
100	0.01	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	PCS	PCS	PCS
	0.05	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	AD,CVM,PCS	PCS	PCS
	0.1	KS,SF,LF,AD, CVM,PCS	LF,AD,CVM,PCS	PCS	LF

KS หมายถึง สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov
SF หมายถึง สถิติทดสอบ Shapiro–Francia
LF หมายถึง สถิติทดสอบ Lilliefor
AD หมายถึง สถิติทดสอบ Anderson–Darling
CVM หมายถึง สถิติทดสอบ Cramer–von Mises
PCS หมายถึง สถิติทดสอบ Pearson Chi–square

ผลการพิจารณากำลังการทดสอบ ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ โดยจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยแต่ละสถิติทดสอบได้ดังนี้

1. สถิติทดสอบ KS พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ Poisson(0.5) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 70 และ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ

2. สถิติทดสอบ SF พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ Poisson(0.5) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 70 และ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ

3. สถิติทดสอบ LF พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ Poisson(0.5) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 50 70 และ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ ที่ Poisson(5) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 ที่ Poisson(10) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 ที่ Poisson(20) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

4. สถิติทดสอบ AD พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ Poisson(0.5) ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ ที่ Poisson(5) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

5. สถิติทดสอบ CVM พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ Poisson(0.5) ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญนัยสำคัญ ที่ Poisson(5) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

6. สถิติทดสอบ PCS พบว่ามีกำลังการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในกรณีการแจกแจงที่ Poisson(0.5) ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญนัยสำคัญ ที่ Poisson(5) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 50 และ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ ที่ Poisson(10) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 และ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ ที่ Poisson(20) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 30 และ 50 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05

5.4 อภิปรายผล

ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

ในที่นี้สถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ดังนี้

1. สถิติทดสอบ KS พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี

2. สถิติทดสอบ SF พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ยกเว้นกรณีมีการแจกแจง ที่ N(0,1) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. สถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี

4. สถิติทดสอบ AD พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ยกเว้นกรณีมีการแจกแจงที่ N(0,4) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ ที่ N(0,8) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

5. สถิติทดสอบ CVM พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทุกกรณี

6. สถิติทดสอบ PCS พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ ยกเว้นกรณีมีการแจกแจงที่ N(0,1) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 ที่ N(0,4) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ ที่ N(0,8) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

กำลังการทดสอบ

จากผลการวิจัยเมื่อพิจารณาถึงกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 การทดสอบขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. รูปร่างของการแจกแจงพบว่า เมื่อรูปร่างการแจกแจงมีความใกล้เคียงกับการแจกแจงปรกติ เช่น การแจกแจงทีที่มีองศาเสรีเท่ากับ 100 โอกาสการตรวจจับของสถิติทดสอบค่อนข้างยาก หมายถึงแต่ละสถิติทดสอบส่วนมากยอมรับว่าข้อมูลมีการแจกแจงปรกติทั้งที่ไม่ได้มีการแจกแจงปรกติ จึงทำให้กำลังการทดสอบน้อยมาก สอดคล้องกับการศึกษาของเบญจา ชูโต (2557) ถ้าหากรูปร่างการแจกแจงมีลักษณะเป็นสมมาตร เช่น การแจกแจงทีที่มีองศาเสรีเท่ากับ 4 และ 12 สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF) มีกำลังการทดสอบสูงที่สุด และถ้ารูปร่างการแจกแจงไม่มีความเป็นสมมาตร เช่น การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ ค่าพารามิเตอร์ (α, β) เท่ากับ (2,4) (2,2) และ (1,(1/3)) สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) จะมีความไวหรือสามารถตรวจจับได้ดีที่สุดว่าข้อมูลดังกล่าวไม่ได้มาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ เมื่อพิจารณาถึงสถิติทดสอบแล้วพบว่า

1.1 สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) พบว่าควรใช้ทดสอบการแจกแจงปรกติในกรณีที่ข้อมูลมีรูปร่างการแจกแจงลักษณะไม่เป็นสมมาตร ได้แก่ การแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (α, β) เท่ากับ (2,4) และ (2,2)

1.2 สถิติทดสอบ Kolmogorov–Smirnov (KS) พบว่าควรใช้ทดสอบการแจกแจงปรกติ ในกรณีที่ข้อมูลมีรูปร่างใกล้เคียงการแจกแจงลักษณะเป็นสมมาตร ได้แก่ การแจกแจงทวินามที่มีค่าพารามิเตอร์ (20,0.2) (30,0.2) (50,0.2) (70,0.2) และ (100,0.2)

1.3 สถิติทดสอบ Shapiro–Francia (SF) พบว่าควรใช้ทดสอบการแจกแจงปรกติ ในกรณีที่ข้อมูลมีรูปร่างการแจกแจงลักษณะเป็นสมมาตร ได้แก่ การแจกแจงทีที่มีองศาเสรีเท่ากับ 4 และ 12

1.4 สถิติทดสอบ Anderson–Darling (AD) พบว่าควรใช้ทดสอบการแจกแจงปรกติ ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (1,(1/3)) ขนาดตัวอย่าง 70 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

1.5 สถิติทดสอบ Lilliefor (LF) พบว่าควรใช้ทดสอบการแจกแจงปรกติ ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) เท่ากับ 20 ขนาดตัวอย่าง 70 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

1.6 สถิติทดสอบ Cramer–von Mises (CVM) พบว่าควรใช้ทดสอบการแจกแจงปรกติ ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแกมมาที่มีค่าพารามิเตอร์ (1,(1/3)) ขนาดตัวอย่าง 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

1.7 สถิติทดสอบ Pearson Chi–square (PCS) พบว่าควรใช้ทดสอบการแจกแจงปรกติ ในกรณีที่ข้อมูลมีรูปร่างใกล้เคียงการแจกแจงลักษณะเป็นสมมาตร ได้แก่ การแจกแจงปัวซงที่มีค่าพารามิเตอร์ (λ) เท่ากับ 20

2. เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นทำให้กำลังการทดสอบทางสถิติสูงมากขึ้นด้วยเช่นกัน

3. เมื่อความแปรปรวนเพิ่มมากขึ้นทำให้กำลังการทดสอบทางสถิติลดลงเมื่อเป็นการแจกแจงไม่ต่อเนื่อง

5.5 ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานวิจัยชิ้นต่อไปควรที่จะขยายการศึกษาไปถึงประชากรในรูปแบบการแจกแจงที่มากขึ้น เพื่อให้ครอบคลุมถึงลักษณะการแจกแจงในหลายๆ แบบ เพื่อสรุปผลที่คลอบคลุมกว้างขวางขึ้น หรืออาจจะศึกษาจากข้อมูลจริง เพื่อที่จะได้ทราบถึงประสิทธิภาพของสถิติทดสอบในการทดสอบแต่ละวิธีหรืออาจจะเพิ่มสถิติทดสอบให้มากขึ้นเพื่อที่จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบแบบอื่นที่มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่เนื่องจากในการทำวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาสถิติทดสอบเพียง 6 การทดสอบเท่านั้น

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

เบญจา ชูโต. 2552. "การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

รวมพร เรืองโรจน์. 2543. "การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีสถิติทดสอบการแจกแจงปกติระหว่างไคสแควร์, สถิติชาพิโร-วิลค์ และสถิติชาพิโร-ฟรานเซีย." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีวสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.

สายชล สินสมบูรณ์ทอง. 2548. ความน่าจะเป็น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จามจุรี โปรดักท์.

สายทอง แจ่มใจ. 2547. "การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบในการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สิริทิพ วะศินรัตน์. 2549. "การเปรียบเทียบการทดสอบของภาวะรูปสนิทดีโดยใช้สถิติไลค์ลิฮูดเรโชว์สำหรับการแจกแจงแบบปกติ." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุเมธ สมภักดี. 2542. สถิติคณิตศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ยงพลเทรดดิ้ง.

อุมาพร จันทศร. 2542. สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

ภาษาอังกฤษ

Anderson, T.W., and Darling D.A. 1954. "A test of goodness of fit." Journal of the American Sciences Association 49 : 765-769.

Anderson, T.W. 1962. On the distribution of the two-sample Cramer-von Mises criterion. Ann. Math. Stat. 33 (3) : 1148-1169.

Becker, R.A. and Chambers, J.M.. 1984. An Interactive Environment for Data Analysis and Graphics. Wadsworth and Brooks/Cole, Monterey.

Bradley, J.V.. 1978. "Robustness." Journal of Mathematical and Statistical Psychology 31 : 144-152.

Chambers, J. M. and Hastie, T. J., 1992. Statistical Models in S. Chapman & Hall, NewYork.

Chambers, J. M., 1998. Programming with Data. A Guide to the S Language. Springer-Verlag, New York.

Cochran, W.G. 1952. "The λ^2 test of goodness of fit." Annals of Mathematical Statistics : 315-345.

Cochran, W.G. 1954. "Some methods for strengthening the common chi-squared tests." Biometrics. Vol.10 : 417-451.

D'Agostino, Ralph B., Albert Belanger, and Ralp B. JR. D'Agostino. 1990. "A suggestion for using Power And informative tests of Normality." The American statistician 44 : 316-321.

D'Agostino, Ralph B., and Pearson E.S. 1973. "Testing for Departure from Normality I Fuller Empirical Results for the distribution of b_2 and $\sqrt{b_1}$." Biometrika 60 : 613-622.

Kendall, M.G., and Yule. G.U. 1950. "An introduction to the theory of statistics." Charles Griffin & Company.

Kolmogorov, A. N. 1933. "On the empirical determination of a distribution function." Giorn. Lst. Ltrl. Attuar 4 : 83-91.

Mehmet, Mendes, and Akin Pata. 2003. "Type I error Rate and Power of Three Normality Tests." Pakistan Journal of Information and Technology 2 : 135-139.

Pearson, K. 1900. On the criterion that a given system of deviations from probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably to have arisen from random sampling. Phil. Mag. (5) 50, 157-175. Reprinted in K. Pearson (1956) : 339-357.

Pearson, W.R. 1990. Rapid and sensitive sequence comparison with FASTP and FASTA. Meth. Enzymol. 183, 63-98.

Beck, R.A. and Chambers, J.M. 1984, "Extending The S System."

Royston P 1993. A pocket-calculator algorithm for the Shapiro-Francia W' test for non-normality : an application to medicine. Statistics in Medicine 12 : 181-184.

Shapiro, S.S. and Wilk M.B. 1965. "An Analysis of Variance Test for Normality." Biometrika 52 : 591-611.

Shapiro, S.S. and Francia R.S. 1972. An approximate analysis of variance test for normality. Journal of the American Statistical Association. 67 : 251-216.

Siegel. S. 1956. "Nonparametric Statistics." New York : MCGraw-Hill Book Company, Inc.

Smirnov, N. V. 1939. "On the estimation of the discrepancy between empirical curves of distribution for two independent samples." Bulletin of Moscow 2 : 3-16.

Stephens, M.A. 1974. "EDF Statistics for Goodness of fit and Some Comparisons." Journal of the American Statistical Association 69, 347 : 730-737.

Stephens, M.A. 1986, "Tests based on EDF statistics," in Goodness-of-Fit Techniques, ed. R. B. d' Agostino and M.A. Stephens, New York : Marcel Dekker : 97-193.

ภาคผนวก ข

ตารางสถิติ

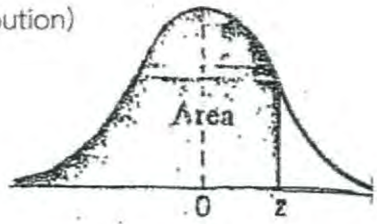
ตารางที่ 1 ตารางค่าวิกฤตบางค่าของสถิติทดสอบ KS จาก Sheskin (2000)

ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ				
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.900	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.785	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.734
5	0.447	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.410	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.358	0.410	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.430	0.480	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.489
11	0.380	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.296	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.390	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
16	0.258	0.295	0.327	0.366	0.392
17	0.250	0.286	0.318	0.355	0.381
18	0.244	0.279	0.309	0.346	0.371
19	0.237	0.271	0.301	0.337	0.361
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
21	0.226	0.259	0.287	0.321	0.344
22	0.221	0.253	0.281	0.314	0.337
23	0.216	0.247	0.275	0.307	0.330
24	0.212	0.242	0.269	0.301	0.323
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
26	0.204	0.233	0.259	0.290	0.311
27	0.200	0.229	0.254	0.284	0.305
28	0.197	0.225	0.250	0.279	0.300

ตารางที่ 2 ตารางค่าวิฤตของสถิติทดสอบ AD

Significance Level	Significance Point
0.1	1.933
0.05	2.492
0.01	3.857

ตารางที่ 3 ตารางการแจกแจงปรกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution)



Areas Under the Normal Curve

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
−3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
−3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
−3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
−3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
−3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
−2.9	0.0019	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
−2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
−2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
−2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
−2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
−2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
−2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
−2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
−2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
−2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
−1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
−1.8	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
−1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
−1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
−1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
−1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0722	0.0708	0.0694	0.0681
−1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
−1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
−1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
−1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
−0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
−0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
−0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
−0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
−0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
−0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
−0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
−0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
−0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
−0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9278	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9900	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

ตารางที่ 4 ตารางการแจกแจงทวินาม (Binomial Probabilities)

n	x	.05	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50
1	0	.9500	.9000	.8500	.8000	.7500	.7000	.6500	.6000	.5500	.5000
	1	.0500	.1000	.1500	.2000	.2500	.3000	.3500	.4000	.4500	.5000
2	0	.9025	.8100	.7225	.6400	.5625	.4900	.4225	.3600	.3025	.2500
	1	.0950	.1800	.2550	.3200	.3750	.4200	.4550	.4800	.4950	.5000
	2	.0025	.0100	.0225	.0400	.0625	.0900	.1225	.1600	.2025	.2500
3	0	.8574	.7290	.6141	.5120	.4219	.3430	.2746	.2160	.1664	.1250
	1	.1354	.2430	.3251	.3840	.4219	.4410	.4436	.4320	.4084	.3750
	2	.0071	.0270	.0574	.0960	.1406	.1890	.2389	.2880	.3341	.3750
	3	.0001	.0010	.0034	.0080	.0156	.0270	.0429	.0640	.0911	.1250
4	0	.8145	.6561	.5220	.4096	.3164	.2401	.1785	.1296	.0915	.0625
	1	.1715	.2916	.3685	.4096	.4219	.4116	.3845	.3456	.2995	.2500
	2	.0135	.0486	.0975	.1536	.2109	.2646	.3105	.3456	.3675	.3750
	3	.0005	.0036	.0115	.0256	.0469	.0756	.1115	.1536	.2005	.2500
	4	.0000	.0001	.0005	.0016	.0039	.0081	.0150	.0256	.0410	.0625
5	0	.7738	.5905	.4437	.3277	.2373	.1681	.1160	.0778	.0503	.0312
	1	.2036	.3280	.3915	.4096	.3955	.3602	.3124	.2592	.2059	.1562
	2	.0214	.0729	.1382	.2048	.2637	.3087	.3364	.3456	.3369	.3125
	3	.0011	.0081	.0244	.0512	.0879	.1323	.1811	.2304	.2757	.3125
	4	.0000	.0004	.0022	.0064	.0146	.0284	.0488	.0768	.1128	.1562
	5	.0000	.0000	.0001	.0003	.0010	.0024	.0053	.0102	.0185	.0312
6	0	.7351	.5314	.3771	.2621	.1780	.1176	.0754	.0467	.0277	.0156
	1	.2321	.3543	.3993	.3932	.3560	.3025	.2437	.1866	.1359	.0938
	2	.0305	.0984	.1762	.2458	.2966	.3241	.3280	.3110	.2780	.2344
	3	.0021	.0146	.0415	.0819	.1318	.1852	.2355	.2765	.3032	.3125
	4	.0001	.0012	.0055	.0154	.0330	.0595	.0951	.1382	.1861	.2344
	5	.0000	.0001	.0004	.0015	.0044	.0102	.0205	.0369	.0609	.0938
	6	.0000	.0000	.0000	.0001	.0002	.0007	.0018	.0041	.0083	.0156
7	0	.6983	.4783	.3206	.2097	.1335	.0824	.0490	.0280	.0152	.0078
	1	.2573	.3720	.3960	.3670	.3115	.2471	.1848	.1306	.0872	.0547
	2	.0406	.1240	.2097	.2753	.3115	.3177	.2985	.2613	.2140	.1641
	3	.0036	.0230	.0617	.1147	.1730	.2269	.2679	.2903	.2918	.2734
	4	.0002	.0026	.0109	.0287	.0577	.0972	.1442	.1935	.2388	.2734
	5	.0000	.0002	.0012	.0043	.0115	.0250	.0466	.0774	.1172	.1641
	6	.0000	.0000	.0001	.0004	.0013	.0036	.0084	.0172	.0320	.0547
	7	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0002	.0006	.0016	.0037	.0078
8	0	.6634	.4305	.2725	.1678	.1001	.0576	.0319	.0168	.0084	.0039
	1	.2793	.3826	.3847	.3355	.2670	.1977	.1373	.0896	.0548	.0312
	2	.0515	.1488	.2376	.2936	.3115	.2965	.2587	.2090	.1569	.1094
	3	.0054	.0331	.0839	.1468	.2076	.2541	.2786	.2787	.2568	.2188
	4	.0004	.0046	.0185	.0459	.0865	.1361	.1875	.2322	.2627	.2734
	5	.0000	.0004	.0026	.0092	.0231	.0467	.0808	.1239	.1719	.2188
	6	.0000	.0000	.0002	.0011	.0038	.0100	.0217	.0413	.0703	.1094
	7	.0000	.0000	.0000	.0001	.0004	.0012	.0033	.0079	.0164	.0312
	8	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0002	.0007	.0017	.0039

ตารางที่ 5 ตารางการแจกแจงปัวซง (Poisson Probabilities)

x	λ 0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0	.9048	.8187	.7408	.6703	.6065	.5488	.4966	.4493	.4066	.3679
1	.0905	.1637	.2222	.2681	.3033	.3293	.3476	.3595	.3659	.3679
2	.0045	.0164	.0333	.0536	.0758	.0988	.1217	.1438	.1647	.1839
3	.0002	.0011	.0033	.0072	.0126	.0198	.0284	.0383	.0494	.0613
4	.0000	.0001	.0002	.0007	.0016	.0030	.0050	.0077	.0111	.0153
5	.0000	.0000	.0000	.0001	.0002	.0004	.0007	.0012	.0020	.0031
6	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0002	.0003	.0005
7	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001

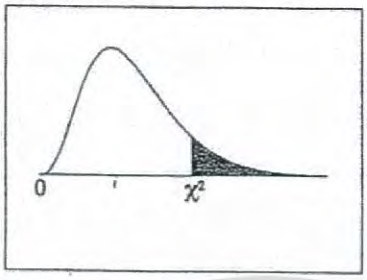
x	λ 1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
0	.3329	.3012	.2725	.2466	.2231	.2019	.1827	.1653	.1496	.1353
1	.3662	.3614	.3543	.3452	.3347	.3230	.3106	.2975	.2842	.2707
2	.2014	.2169	.2303	.2417	.2510	.2584	.2640	.2678	.2700	.2707
3	.0738	.0867	.0998	.1128	.1255	.1378	.1496	.1607	.1710	.1804
4	.0203	.0260	.0324	.0395	.0471	.0551	.0636	.0723	.0812	.0902
5	.0045	.0062	.0084	.0111	.0141	.0176	.0216	.0260	.0309	.0361
6	.0008	.0012	.0018	.0026	.0035	.0047	.0061	.0078	.0098	.0120
7	.0001	.0002	.0003	.0005	.0008	.0011	.0015	.0020	.0027	.0034
8	.0000	.0000	.0001	.0001	.0001	.0002	.0003	.0005	.0006	.0009
9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0001	.0001	.0002

x	λ 2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
0	.1225	.1108	.1003	.0907	.0821	.0743	.0672	.0608	.0550	.0498
1	.2572	.2438	.2306	.2177	.2052	.1931	.1815	.1703	.1596	.1494
2	.2700	.2681	.2652	.2613	.2565	.2510	.2450	.2384	.2314	.2240
3	.1890	.1966	.2033	.2090	.2138	.2176	.2205	.2225	.2237	.2240
4	.0992	.1082	.1169	.1254	.1336	.1414	.1488	.1557	.1622	.1680
5	.0417	.0476	.0538	.0602	.0668	.0735	.0804	.0872	.0940	.1008
6	.0146	.0174	.0206	.0241	.0278	.0319	.0362	.0407	.0455	.0504
7	.0044	.0055	.0068	.0083	.0099	.0118	.0139	.0163	.0188	.0216
8	.0011	.0015	.0019	.0025	.0031	.0038	.0047	.0057	.0068	.0081
9	.0003	.0004	.0005	.0007	.0009	.0011	.0014	.0018	.0022	.0027
10	.0001	.0001	.0001	.0002	.0002	.0003	.0004	.0005	.0006	.0008
11	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0001	.0001	.0002	.0002
12	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001

x	λ 3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
0	.0450	.0408	.0369	.0334	.0302	.0273	.0247	.0224	.0202	.0183
1	.1397	.1304	.1217	.1135	.1057	.0984	.0915	.0850	.0789	.0733
2	.2165	.2087	.2008	.1929	.1850	.1771	.1692	.1615	.1539	.1465
3	.2237	.2226	.2209	.2186	.2158	.2125	.2087	.2046	.2001	.1954
4	.1734	.1781	.1823	.1858	.1888	.1912	.1931	.1944	.1951	.1954
5	.1075	.1140	.1203	.1264	.1322	.1377	.1429	.1477	.1522	.1563
6	.0555	.0608	.0662	.0716	.0771	.0826	.0881	.0936	.0989	.1042
7	.0246	.0278	.0312	.0348	.0385	.0425	.0466	.0508	.0551	.0595
8	.0095	.0111	.0129	.0148	.0169	.0191	.0215	.0241	.0269	.0298
9	.0033	.0040	.0047	.0056	.0066	.0076	.0089	.0102	.0116	.0132

ตารางที่ 6 ตารางการแจกแจงไคกำลังสอง (Chi-Square Distribution)

Chi-Square Distribution Table



The shaded area is equal to α for $\chi^2 = \chi^2_\alpha$.

df	$\chi^2_{.995}$	$\chi^2_{.990}$	$\chi^2_{.975}$	$\chi^2_{.950}$	$\chi^2_{.900}$	$\chi^2_{.100}$	$\chi^2_{.050}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.010}$	$\chi^2_{.005}$
1	0.000	0.000	0.001	0.004	0.016	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	9.236	11.070	12.833	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.204	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	2.833	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	3.490	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	6.304	18.549	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	7.042	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	7.790	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	9.312	23.542	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	10.085	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	10.865	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	11.651	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	12.443	28.412	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	13.240	29.615	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	14.041	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	14.848	32.007	35.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	15.659	33.196	36.415	39.364	42.980	45.559
25	10.520	11.524	13.120	14.611	16.473	34.382	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	17.292	35.563	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	18.114	36.741	40.113	43.195	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	18.939	37.916	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	19.768	39.087	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	20.599	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672
40	20.707	22.164	24.433	26.509	29.051	51.805	55.758	59.342	63.691	66.766
50	27.991	29.707	32.357	34.764	37.689	63.167	67.505	71.420	76.154	79.490
60	35.534	37.485	40.482	43.188	46.459	74.397	79.082	83.298	88.379	91.952
70	43.275	45.442	48.758	51.739	55.329	85.527	90.531	95.023	100.425	104.215
80	51.172	53.540	57.153	60.391	64.278	96.578	101.879	106.629	112.329	116.321
90	59.196	61.754	65.647	69.126	73.291	107.565	113.145	118.136	124.116	128.299
100	67.328	70.065	74.222	77.929	82.358	118.498	124.342	129.561	135.807	140.169

ตารางที่ 7 ตาราง Expected values of normal order statistics

k\n	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.564	0.846	1.029	1.162	1.267	1.352	1.423	1.483
2		0.000	0.297	0.495	0.641	0.757	0.852	0.832
3				0.000	0.201	0.352	0.472	0.574
4						0.000	0.152	0.216
5								0.000

k\n	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1.538	1.586	1.629	1.667	1.703	1.735	1.765	1.793	1.820	1.844
2	1.001	1.061	1.115	1.164	1.207	1.247	1.284	1.318	1.350	1.379
3	0.656	0.728	0.792	0.849	0.901	0.947	0.990	1.029	1.065	1.099
4	0.375	0.461	0.536	0.602	0.661	0.714	0.763	0.807	0.848	0.885
5	0.122	0.224	0.312	0.388	0.455	0.515	0.570	0.619	0.664	0.706
6		0.000	0.102	0.190	0.267	0.335	0.396	0.451	0.501	0.547
7				0.000	0.088	0.165	0.233	0.295	0.350	0.401
8						0.000	0.077	0.145	0.207	0.263
9								0.000	0.068	0.130
10										0.000

k\n	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	1.867	1.889	1.909	1.929	1.947	1.965	1.982	1.998	2.013	2.028
2	1.407	1.433	1.458	1.481	1.503	1.524	1.544	1.563	1.581	1.588
3	1.130	1.160	1.188	1.214	1.239	1.262	1.285	1.306	1.326	1.345
4	0.920	0.953	0.984	1.013	1.040	1.066	1.091	1.114	1.136	1.158
5	0.745	0.781	0.815	0.846	0.876	0.905	0.931	0.957	0.981	1.004
6	0.590	0.629	0.666	0.701	0.733	0.764	0.792	0.820	0.846	0.870
7	0.448	0.491	0.531	0.568	0.603	0.636	0.667	0.697	0.725	0.751
8	0.314	0.362	0.405	0.446	0.483	0.519	0.552	0.584	0.613	0.642
9	0.186	0.238	0.285	0.329	0.370	0.408	0.444	0.478	0.509	0.539
10	0.062	0.118	0.169	0.217	0.261	0.302	0.341	0.377	0.410	0.442
11		0.000	0.056	0.108	0.155	0.200	0.241	0.279	0.316	0.350
12				0.000	0.051	0.099	0.143	0.185	0.223	0.260
13						0.000	0.047	0.092	0.133	0.172
14								0.000	0.044	0.085
15										0.000

ที่มา: Harter, H.L. (1961)

ภาคผนวก ค

วิธีการดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม R

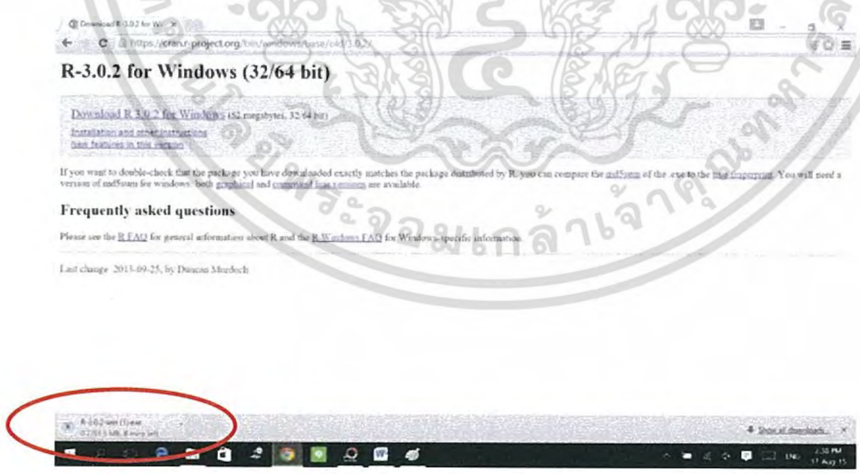
วิธีการดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม R

1. เข้า Website : http://cran.r-project.org./

2. คลิกที่ Download R 3.0.2 For Windows (ดังรูปที่ 1)

รูปที่ 1 หน้าต่างเว็บไซต์ http://cran.r-project.org./

3. รอให้เครื่องคอมพิวเตอร์ดาวน์โหลดโปรแกรม R (ดังรูปที่ 2)

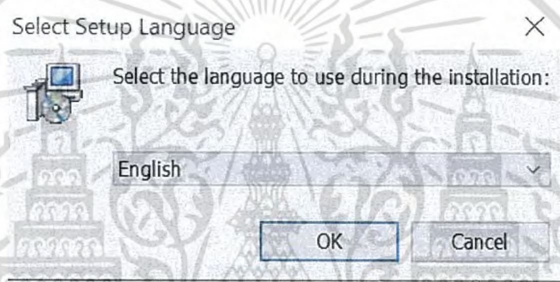


รูปที่ 2 หน้าต่างขณะเครื่องคอมพิวเตอร์ดาวน์โหลดโปรแกรม

4. คลิกปุ่ม ดับเบิลคลิก เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม R (ดังรูปที่3)

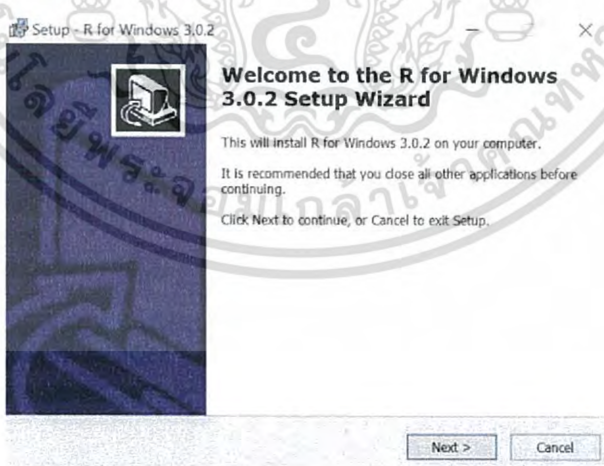
รูปที่ 3 หน้าต่างของโปรแกรมที่ Download

5. คลิกเลือกภาษาที่ใช้งาน แล้วกด OK (ดังรูปที่ 4)



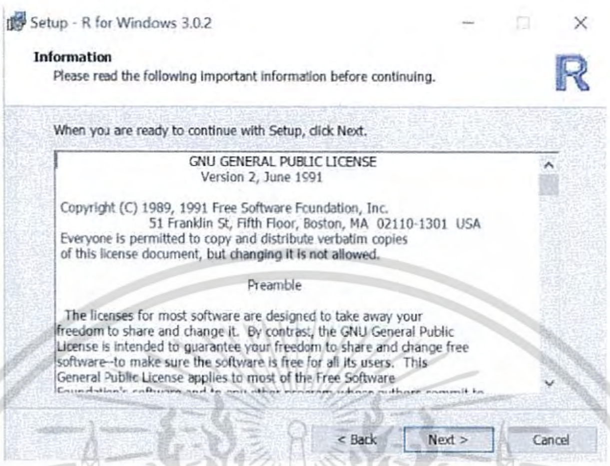
รูปที่ 4 หน้าต่างของโปรแกรมที่ เลือกภาษาที่ใช้งาน

6. คลิกที่ปุ่ม Next (ดังรูปที่ 5)



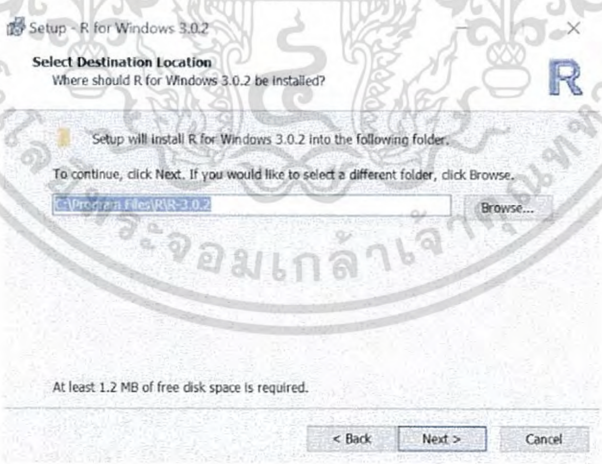
รูปที่ 5 หน้าต่าง Setup – R for Windows

7. คลิกที่ปุ่ม Next (ดังรูปที่ 6)



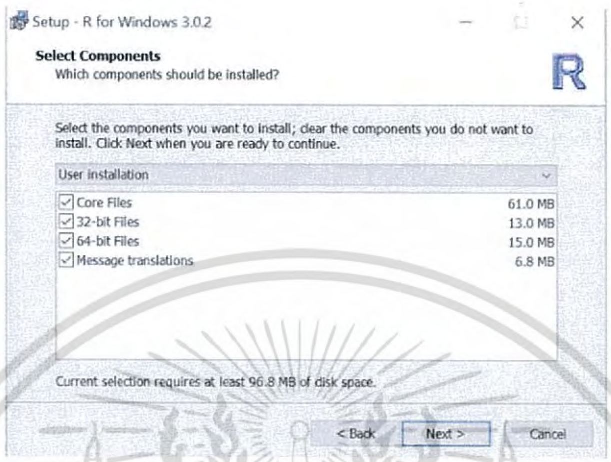
รูปที่ 6 หน้าต่าง Setup – R for Windows

8. คลิกที่ปุ่ม Next (ดังรูปที่ 7)



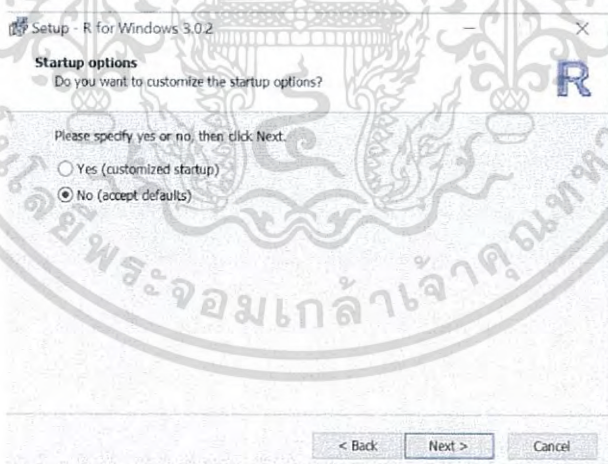
รูปที่ 7 หน้าต่าง Setup – R for Windows

9. คลิกที่ปุ่ม Next (ดังรูปที่ 8)



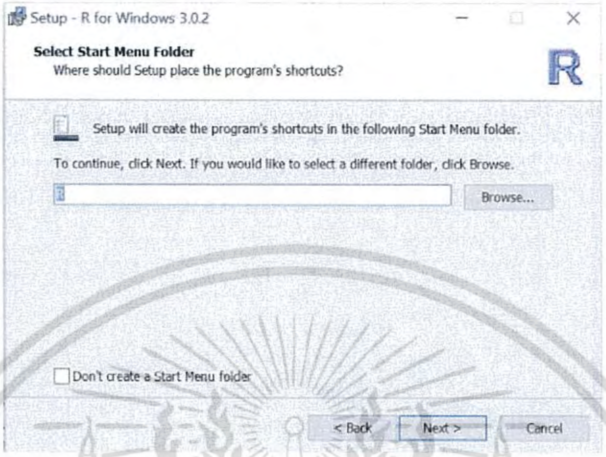
รูปที่ 8 หน้าต่าง Setup – R for Windows

10. เลือก No (accept defaults) จากนั้นคลิกปุ่ม Next (ดังรูปที่9)



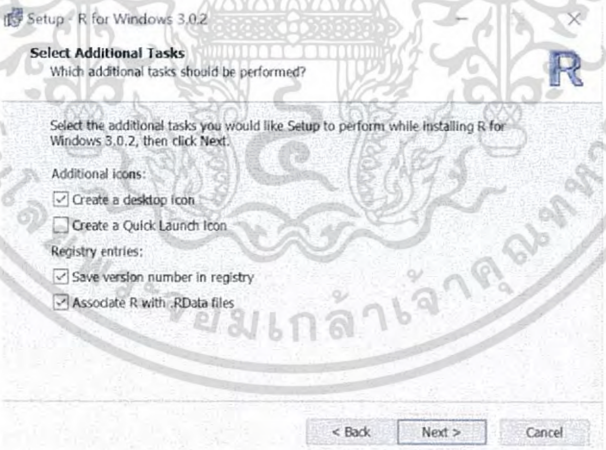
รูปที่ 9 หน้าต่าง Setup – R for Windows

11. คลิกที่ปุ่ม Next (ดังรูปที่ 10)

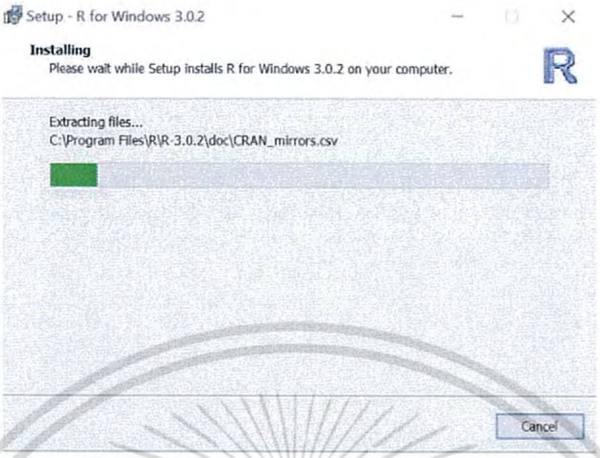


รูปที่ 10 หน้าต่าง Setup – R for Windows

12. คลิกที่ปุ่ม Next (ดังรูปที่ 11 และ 12)



รูปที่ 11 หน้าต่าง Setup – R for Windows



รูปที่ 12 หน้าต่าง Setup – R for Windows

13. คลิกปุ่ม Finish (ดังรูปที่ 13)

รูปที่ 13 หน้าต่าง Setup – R for Windows

เมื่อโปรแกรม R ติดตั้งเสร็จเรียบร้อย จะมีไอคอน (Icon) รูปตัว R  อยู่บน Desktop

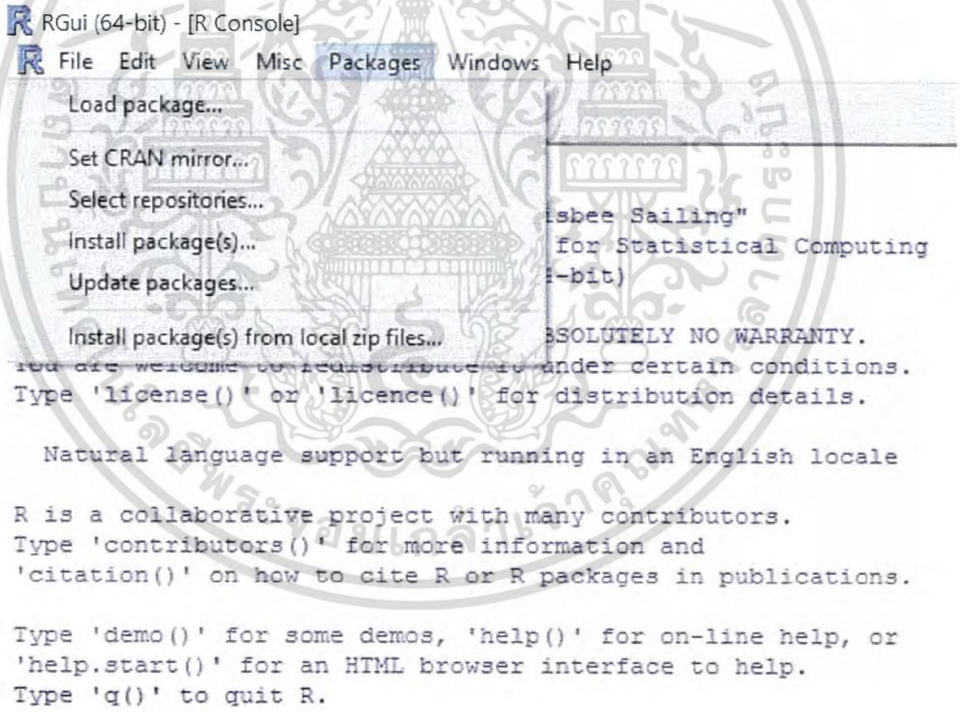
วิธีการดาวน์โหลด Package

การดาวน์โหลด Package สามารถทำได้ 2 วิธี มีรายละเอียดดังนี้

วิธีที่ 1 : การดาวน์โหลดลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน

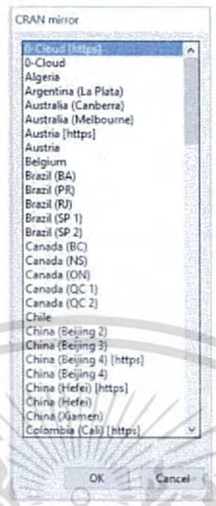
วิธีนี้เป็นการดาวน์โหลด Package ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานผ่านอินเตอร์เนต ดังนี้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานจะต้องเชื่อมต่อกับเครื่อข่ายอินเตอร์เนต แต่ถ้าผู้ใช้เปลี่ยนไปใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นก็จะต้องดาวน์โหลด Package ใหม่อีกครั้ง มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 : คลิกที่เมนู Package / คลิกที่ Install package(s)...จากเมนูบาร์ด้านบน (ดังรูปที่14)



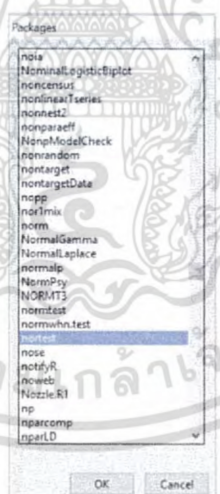
รูปที่ 14 เมนู Packages

ขั้นที่ 2 : เลือกเครือข่าย R ของประเทศที่จะทำการดาวน์โหลด Package (ดังรูปที่ 15)

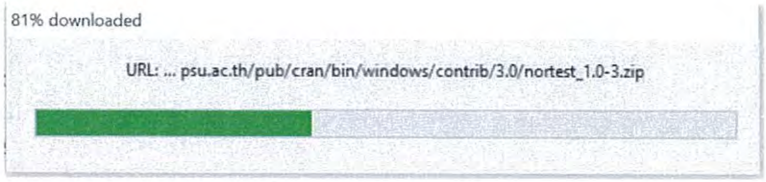


รูปที่ 15 รายชื่อเครือข่าย R ของประเทศต่างๆ

ขั้นที่ 3 : เลือกชื่อ Package ที่จะทำการดาวน์โหลด (ดังรูปที่3) จากนั้นรอให้โปรแกรม R ดาวน์โหลด Package (ดังรูปที่ 16)



รูปที่ 16 รายชื่อ Package

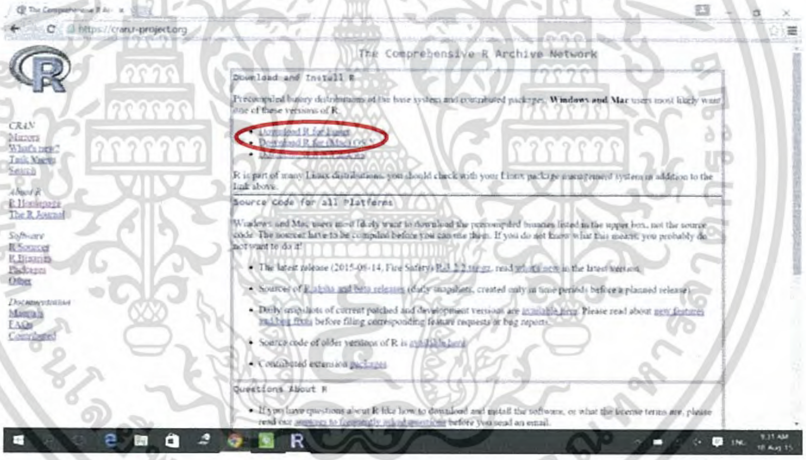


รูปที่ 17 รายชื่อโปรแกรม R กำลังดาวน์โหลด Package

วิธีที่ 2 : การดาวน์โหลด Package แบบซิปไฟล์ (ZIP file)

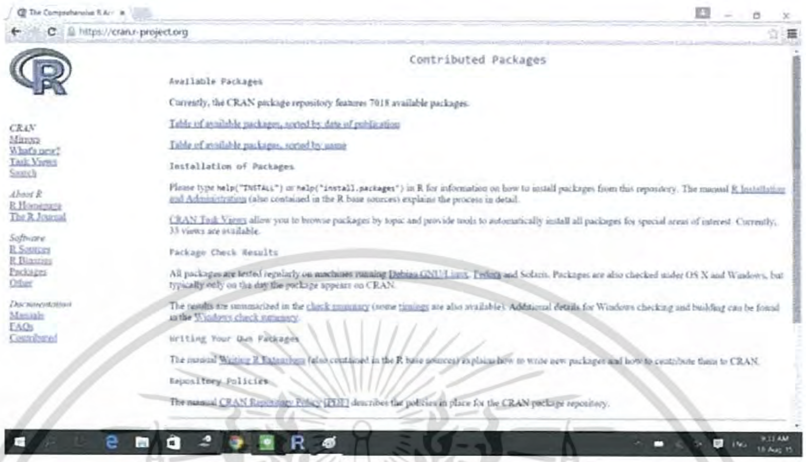
ขั้นตอนที่ 1 : http://cran.r-project.org/

ขั้นตอนที่ 2 : คลิกที่ Package (ดังรูปที่ 18)



รูปที่ 18 หน้าต่างเว็บไซด์ : http://cran.r-project.org/

ขั้นตอนที่ 3 : คลิกที่ Table of available package, sorted by name (ดังรูปที่19) เพื่อค้นหารายชื่อของ Package ที่จะดาวน์โหลด (เรียงตามลำดับตัวอักษร)

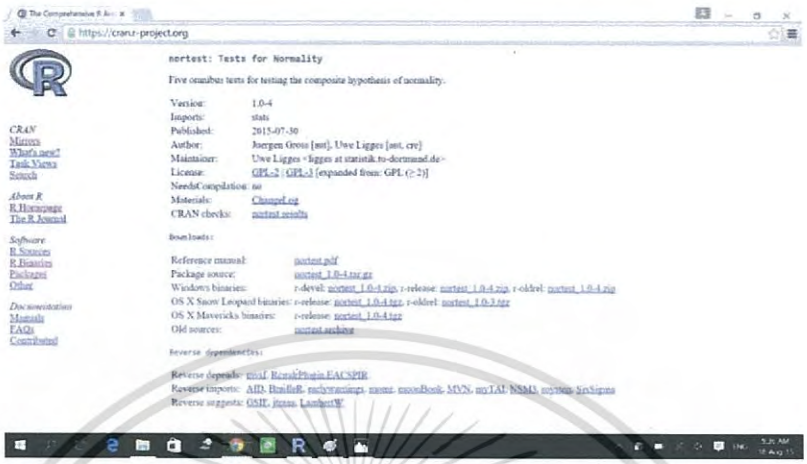


รูปที่ 19 หน้าต่าง Contributed Package

ขั้นตอนที่ 4 : คลิกที่ชื่อ Package ที่ต้องการจะดาวน์โหลด (ดังรูปที่ 20)

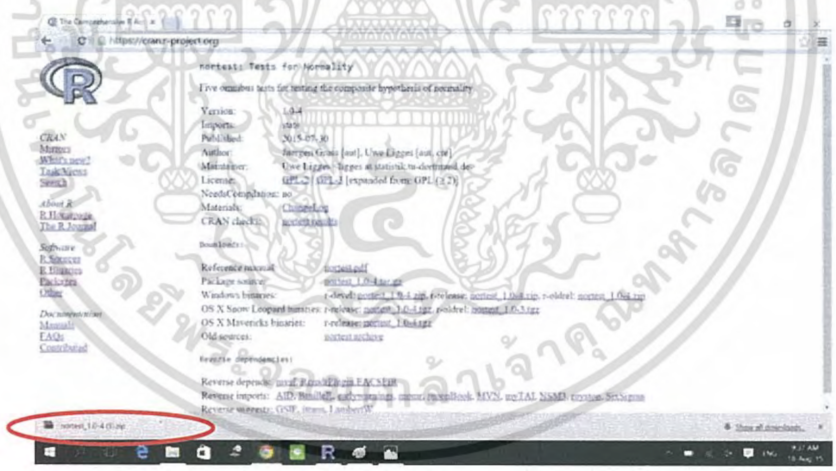
รูปที่ 20 หน้าต่าง Available CRAN Package By Name

ขั้นตอนที่ 5 : ต้องการดาวน์โหลด Package : nortest แสดงดังรูปที่ 21 จากนั้นคลิกที่ nortest_1.0-4.zip



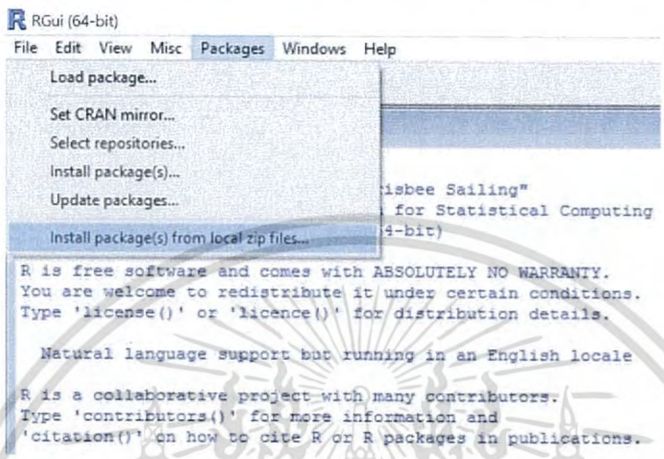
รูปที่ 21 หน้าต่าง nortest

ขั้นตอนที่ 6 : โปรแกรมจะทำการดาวน์โหลด File nortest_1.0-4.zip (ดังรูปที่ 22)

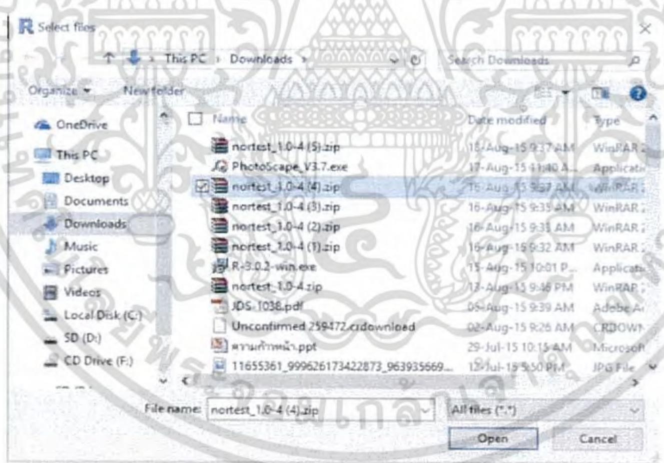


รูปที่ 22 หน้าต่าง File Download

ขั้นตอนที่ 7 : การติดตั้งลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะใช้งาน โดยคลิกที่เมนู Package / Install package(s) from local zip files...(ดังรูปที่ 23) จากนั้นเลือกชื่อ ZIP file ที่บันทึกไว้ในขั้นตอนที่ 6 (ดังรูปที่ 24) จากนั้นโปรแกรม R จะทำการติดตั้ง Package ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 23 เมนู Package



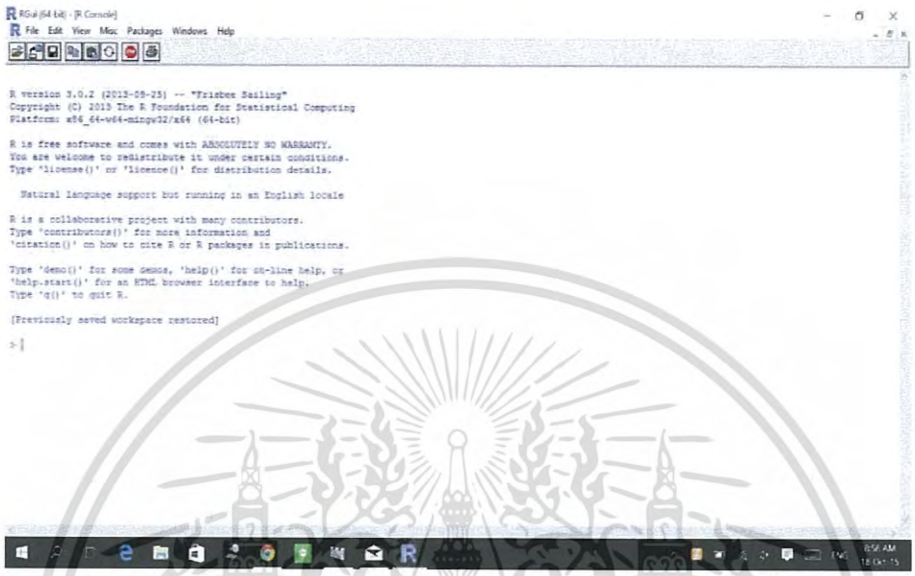
รูปที่ 24 หน้าต่าง Select files

ภาคผนวก ง

การคำนวณสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS

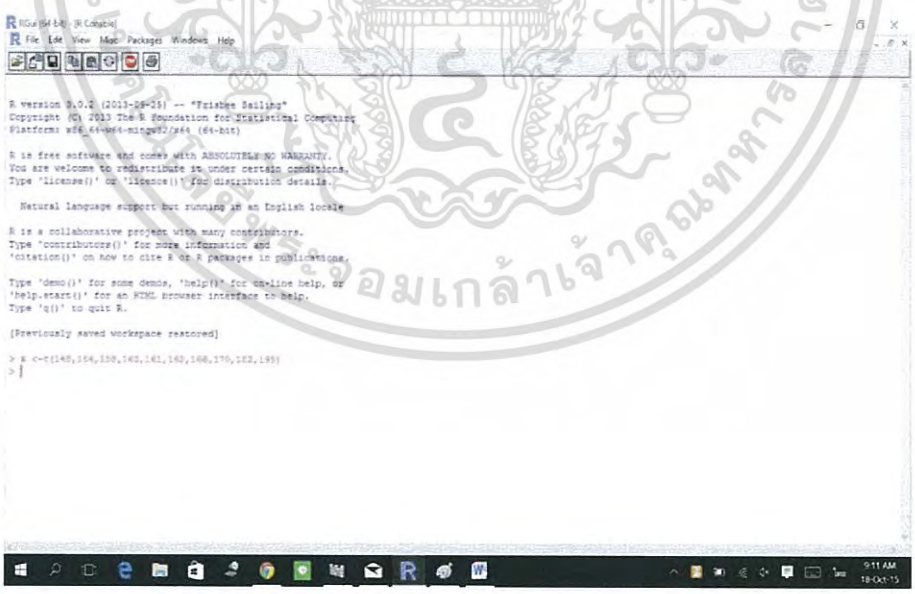
การคำนวณสถิติทดสอบ KS SF LF AD CVM และ PCS จากข้อมูลตัวอย่างบทที่ 2 มีขั้นตอนดังนี้

1. คลิกที่โปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.0.2 (ดังรูปที่ 1)



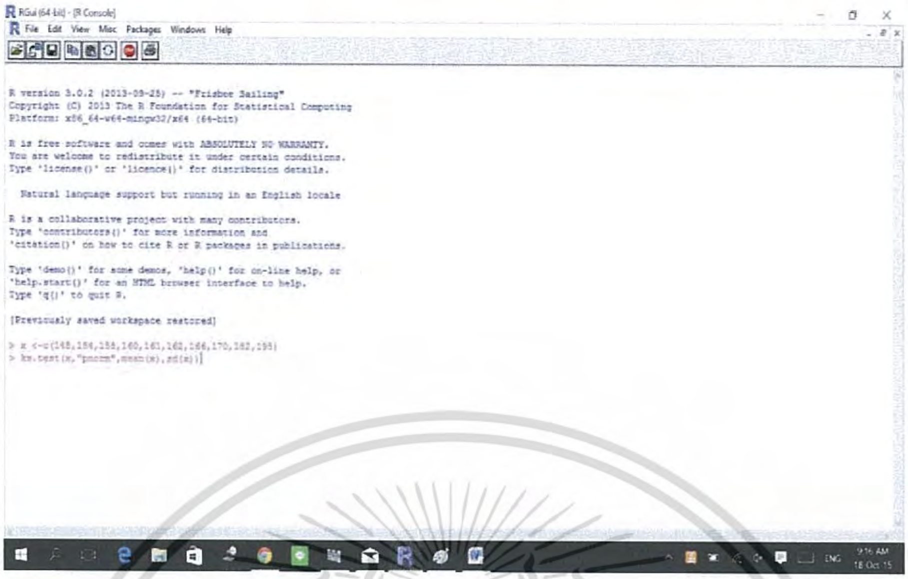
รูปที่ 1 หน้าต่างโปรแกรมอาร์ (R) เวอร์ชั่น 3.0.2

2. พิมพ์ข้อมูลที่ต้องการทดสอบ (ดังรูปที่ 2)



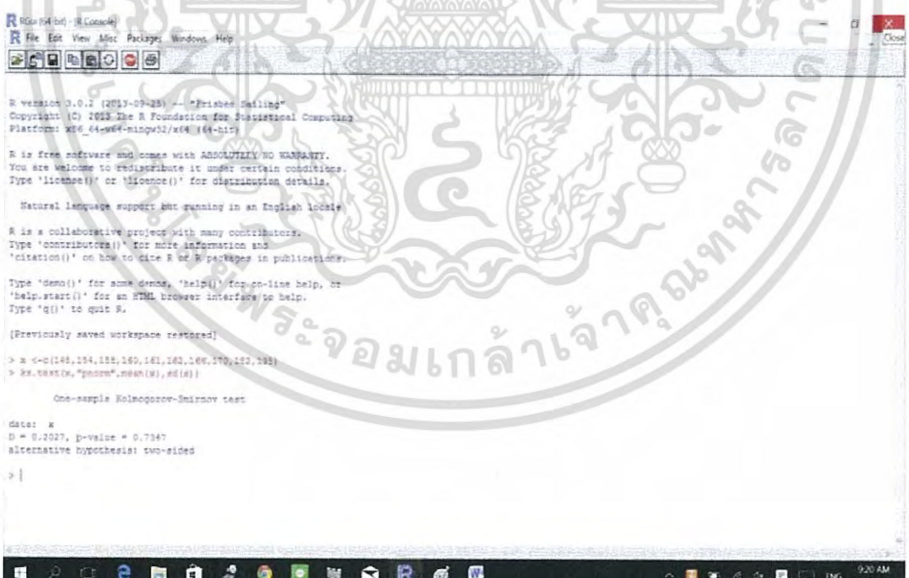
รูปที่ 2 หน้าต่างข้อมูลที่ต้องการทดสอบ

3. การคำนวณด้วยสถิติทดสอบ KS ตัวอย่างที่ 2.1 (ดังรูปที่ 3)

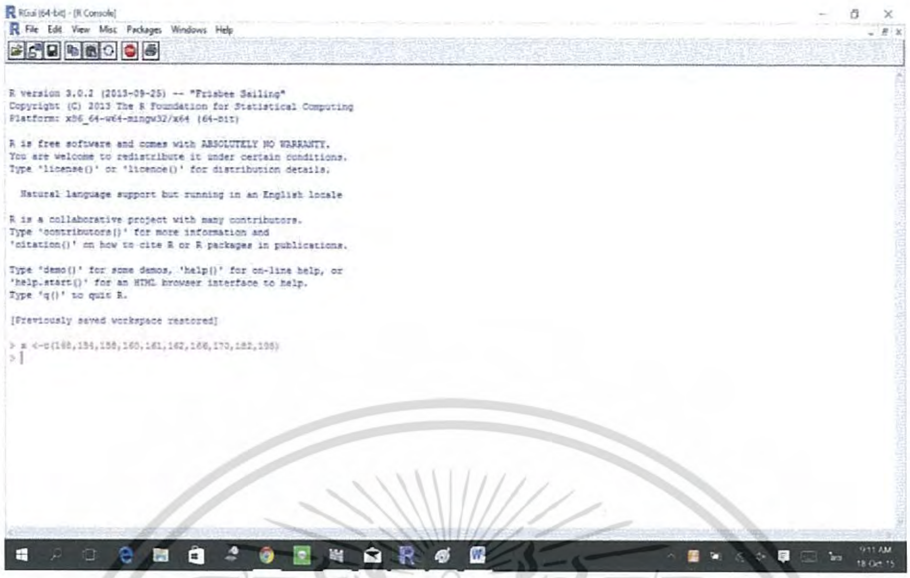


รูปที่ 3 หน้าต่างสถิติทดสอบ KS

4. กด Enter จะปรากฏผลลัพธ์ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ KS (ดังรูปที่ 4)

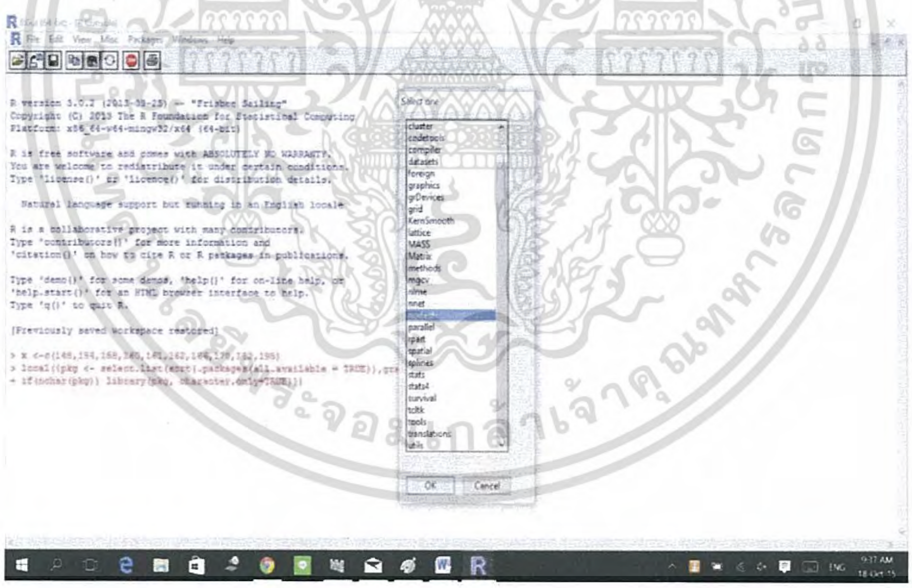


5. พิมพ์ข้อมูลที่ต้องการทดสอบ (ดังรูปที่ 5)



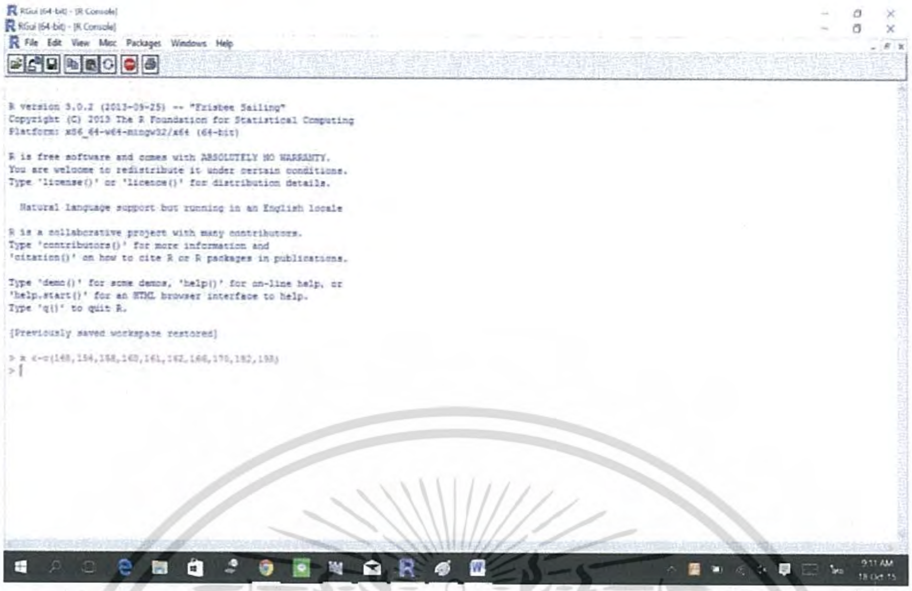
รูปที่ 5 หน้าต่างข้อมูลที่ต้องการทดสอบ

6. เรียก Package Nortest แล้วกด OK (ดังรูปที่ 6)



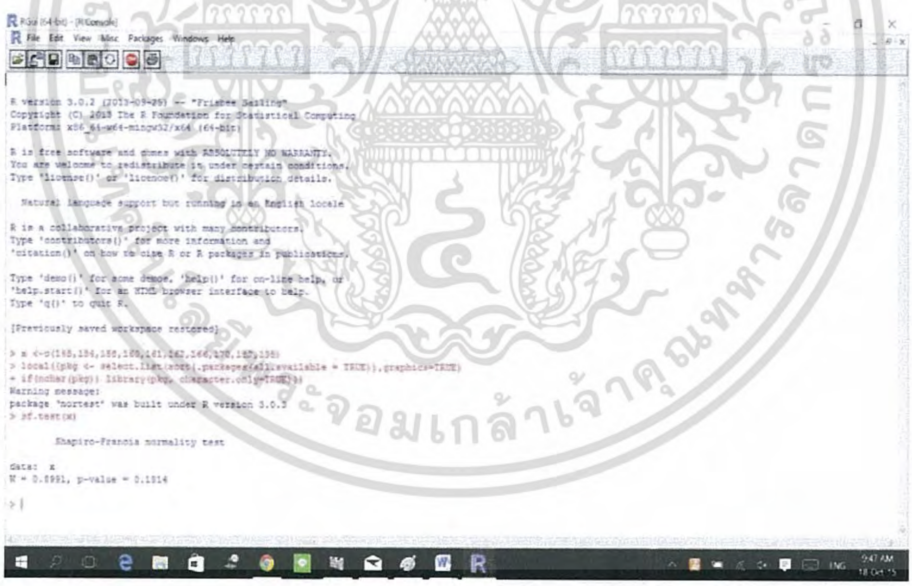
รูปที่ 6 หน้าต่าง Package Nortest

7. การคำนวณด้วยสถิติทดสอบ SF ตัวอย่างที่ 2.2 (ดังรูปที่ 7)



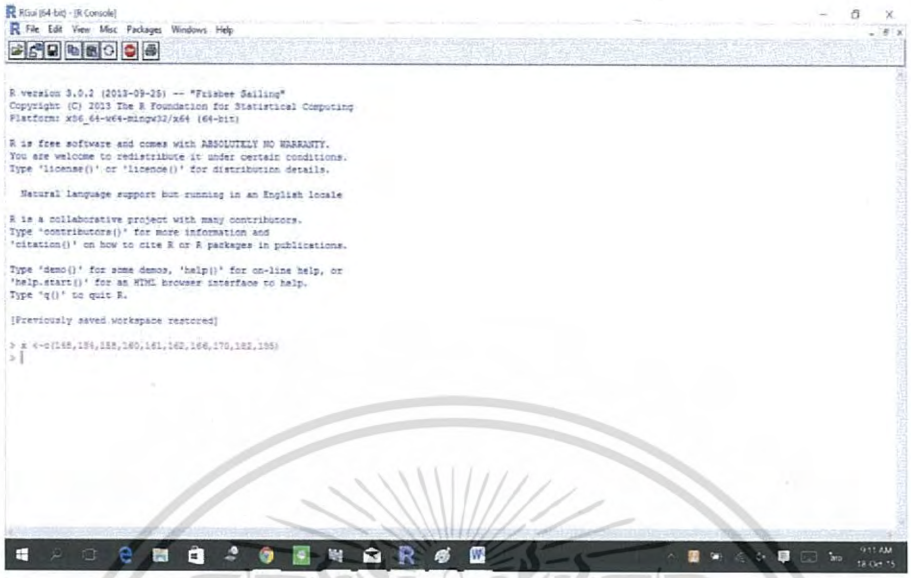
รูปที่ 7 หน้าต่างสถิติทดสอบ SF

8. กด Enter จะปรากฏผลลัพธ์ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ SF (ดังรูปที่ 8)



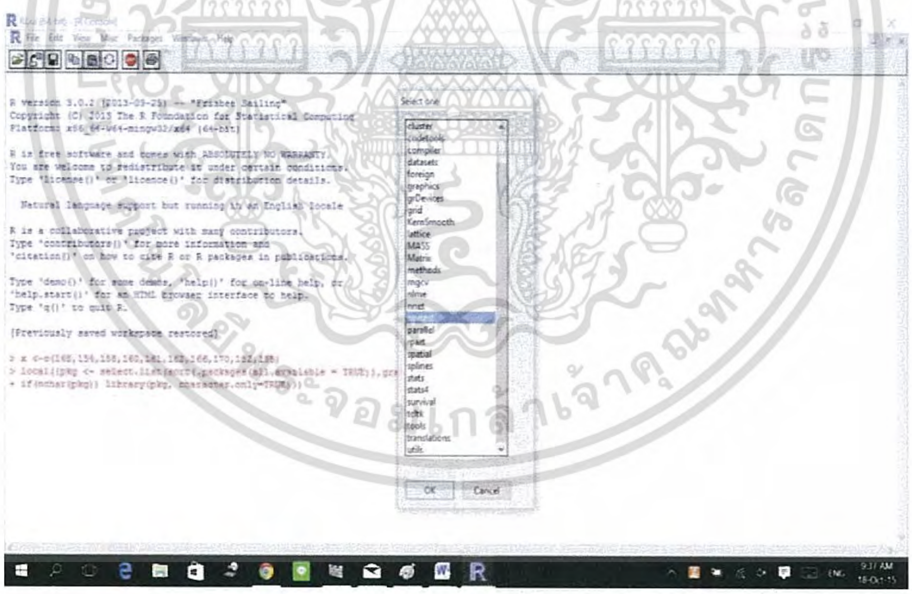
รูปที่ 8 หน้าต่างผลลัพธ์สถิติทดสอบ SF

9. พิมพ์ข้อมูลที่ต้องการทดสอบ (ดังรูปที่ 9)



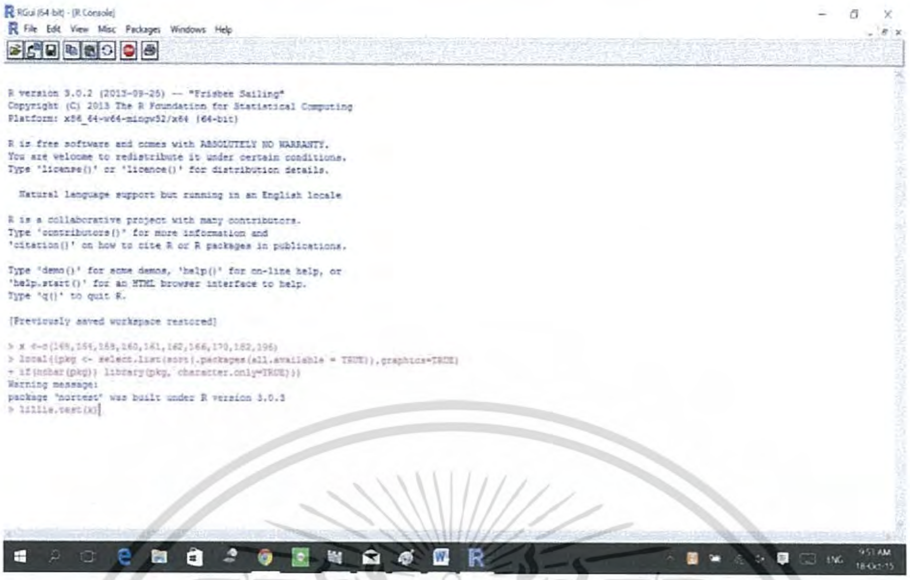
รูปที่ 9 หน้าต่างข้อมูลที่ต้องการทดสอบ

10. เรียก Package Nortest แล้วกด OK (ดังรูปที่ 10)



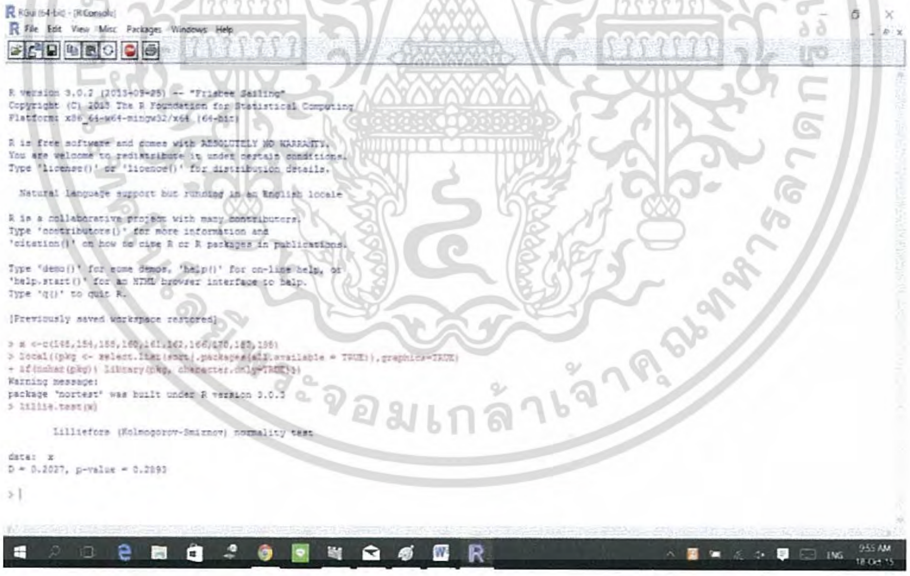
รูปที่ 10 หน้าต่าง Package Nortest

11. การคำนวณด้วยสถิติทดสอบ LF ตัวอย่างที่ 2.3 (ดังรูปที่ 11)



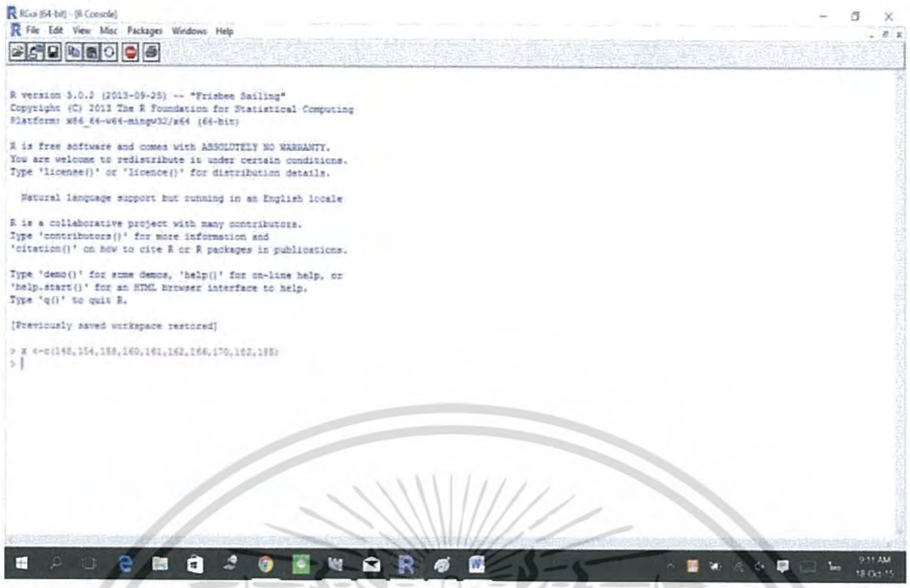
รูปที่ 11 หน้าต่างสถิติทดสอบ LF

12. กด Enter จะปรากฏผลลัพธ์ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ LF (ดังรูปที่ 12)



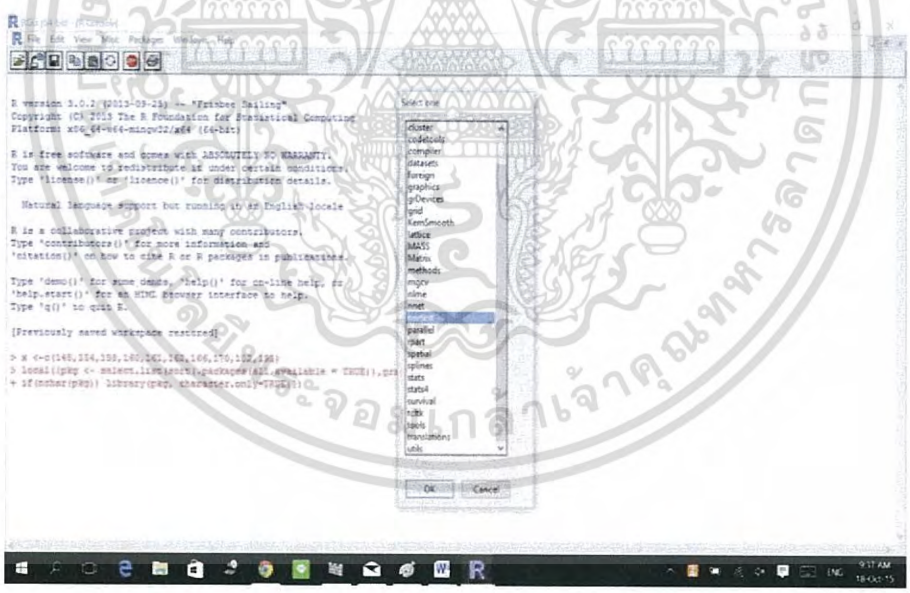
รูปที่ 12 หน้าต่างผลลัพธ์สถิติทดสอบ LF

13. พิมพ์ข้อมูลที่ต้องการทดสอบ (ดังรูปที่ 13)



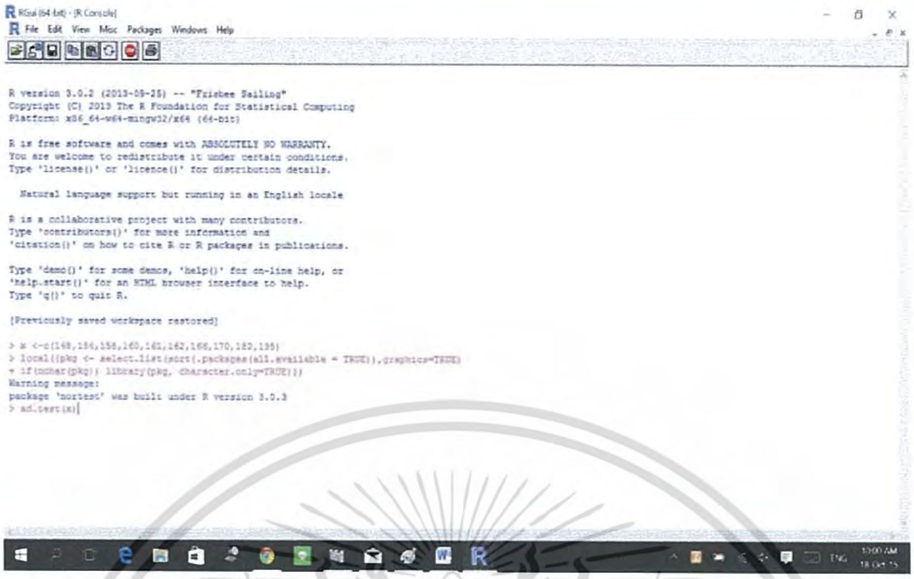
รูปที่ 13 หน้าต่างข้อมูลที่ต้องการทดสอบ

14. เรียก Package Nortest แล้วกด OK (ดังรูปที่ 14)



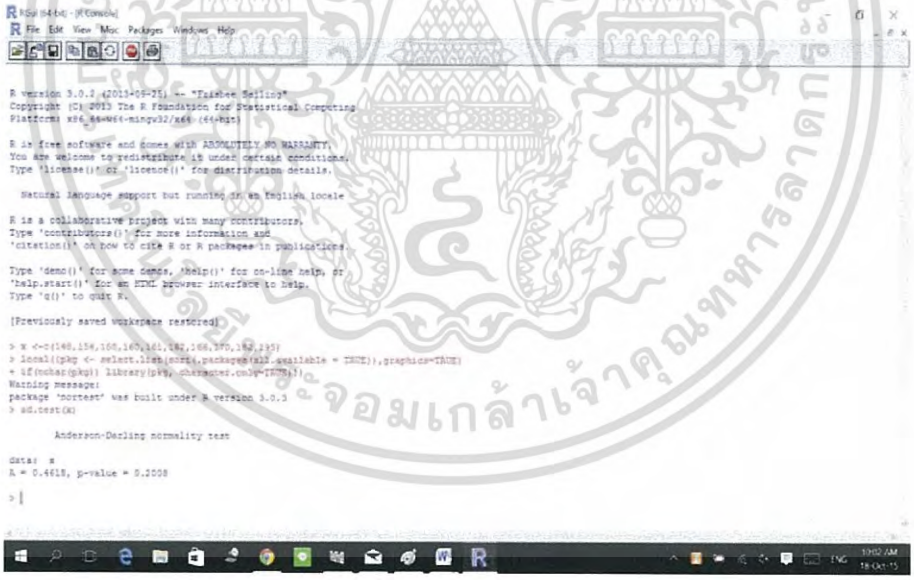
รูปที่ 14 หน้าต่าง Package Nortest

15. การคำนวณด้วยสถิติทดสอบ AD ตัวอย่างที่ 2.4 (ดังรูปที่ 15)



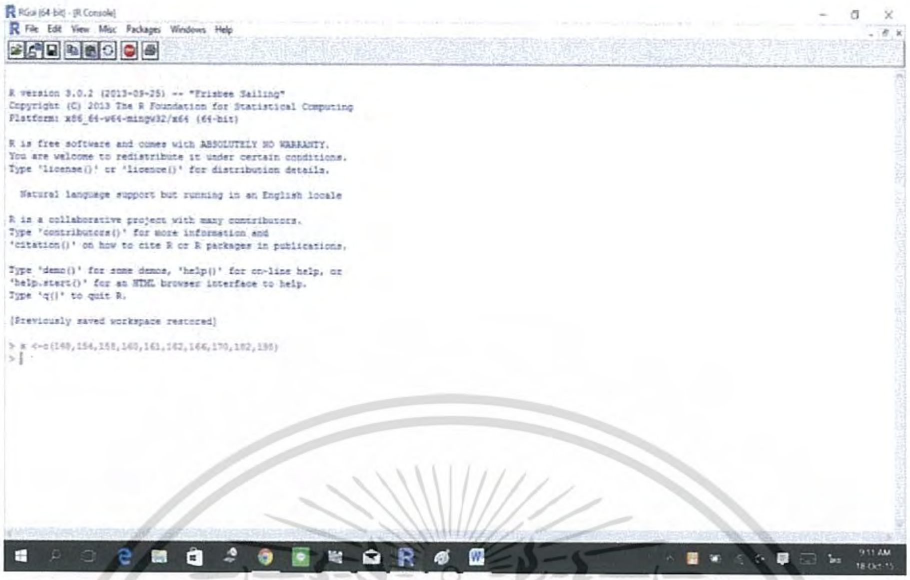
รูปที่ 15 หน้าต่างสถิติทดสอบ AD

16. กด Enter จะปรากฏผลลัพธ์ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ AD (ดังรูปที่ 16)



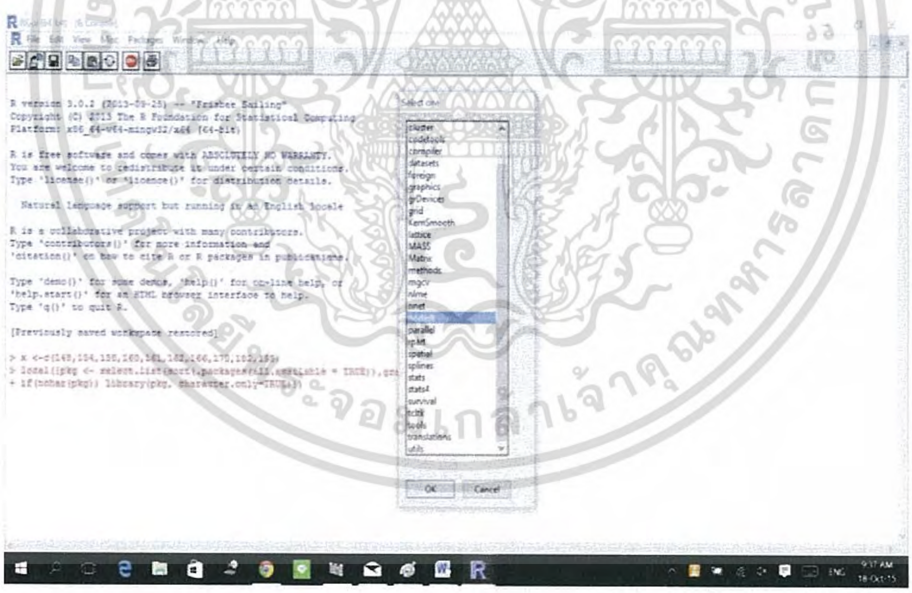
รูปที่ 16 หน้าต่างผลลัพธ์สถิติทดสอบ AD

17. พิมพ์ข้อมูลที่ต้องการทดสอบ (ดังรูปที่ 17)



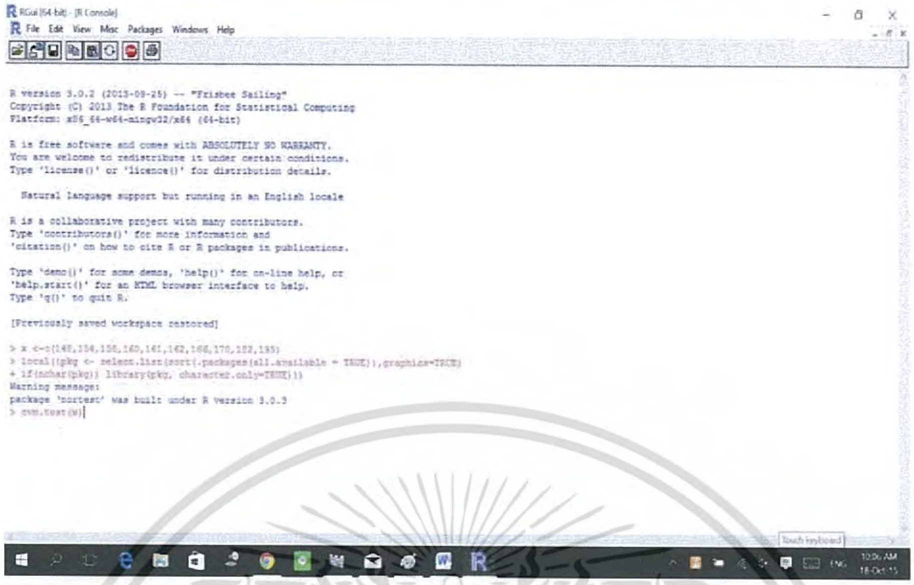
รูปที่ 17 หน้าต่างข้อมูลที่ต้องการทดสอบ

18. เรียก Package Nortest แล้วกด OK (ดังรูปที่ 18)



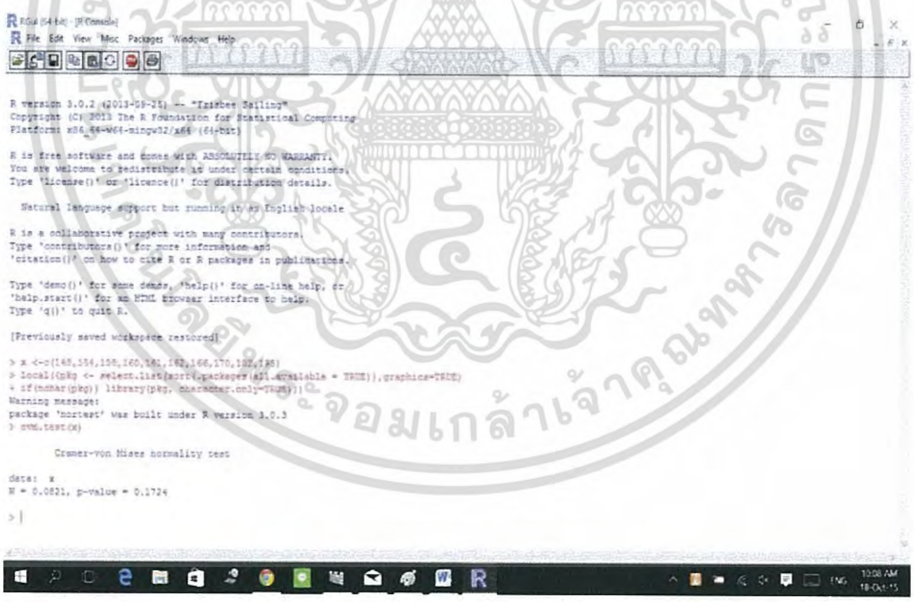
รูปที่ 18 หน้าต่าง Package Nortest

19. การคำนวณด้วยสถิติทดสอบ CVM ตัวอย่างที่ 2.5 (ดังรูปที่ 19)



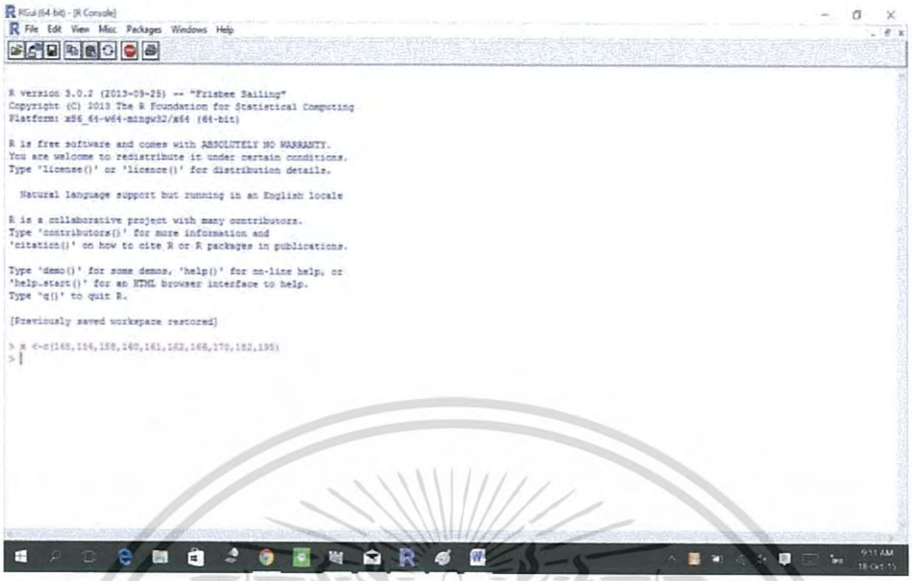
รูปที่ 19 หน้าต่างสถิติทดสอบ CVM

20. กด Enter จะปรากฏผลลัพธ์ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ CVM (ดังรูปที่ 20)



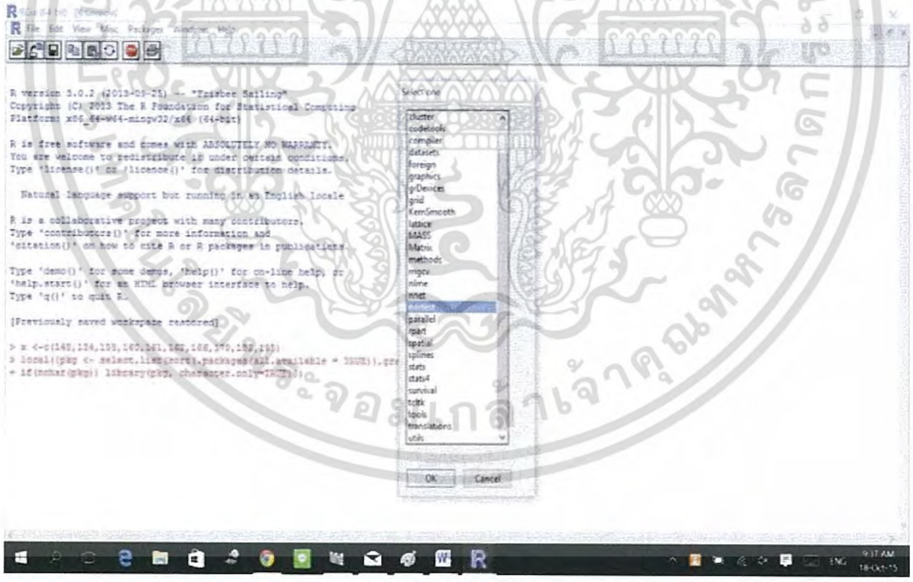
รูปที่ 20 หน้าต่างผลลัพธ์สถิติทดสอบ CVM

21. พิมพ์ข้อมูลที่ต้องการทดสอบ (ดังรูปที่ 21)



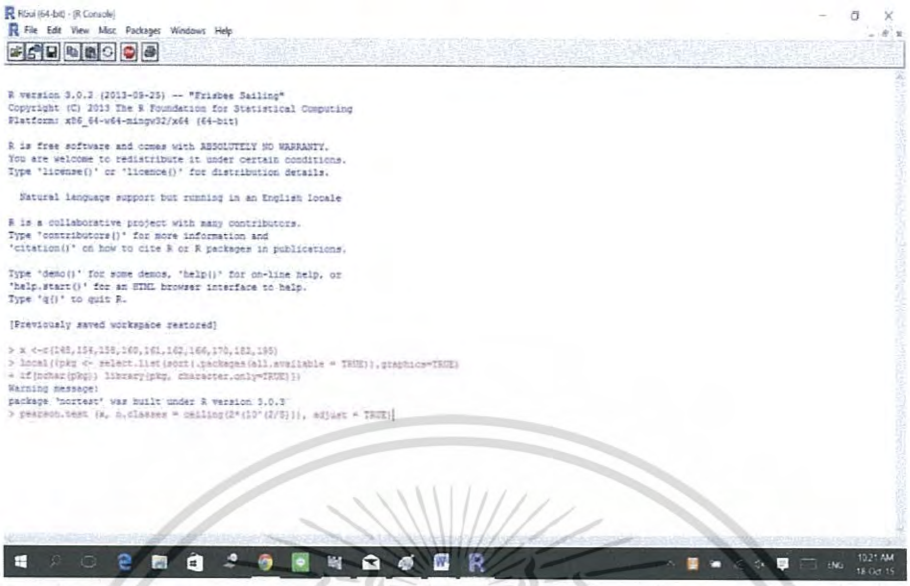
รูปที่ 21 หน้าต่างข้อมูลที่ต้องการทดสอบ

22. เรียก Package Nortest แล้วกด OK (ดังรูปที่ 22)



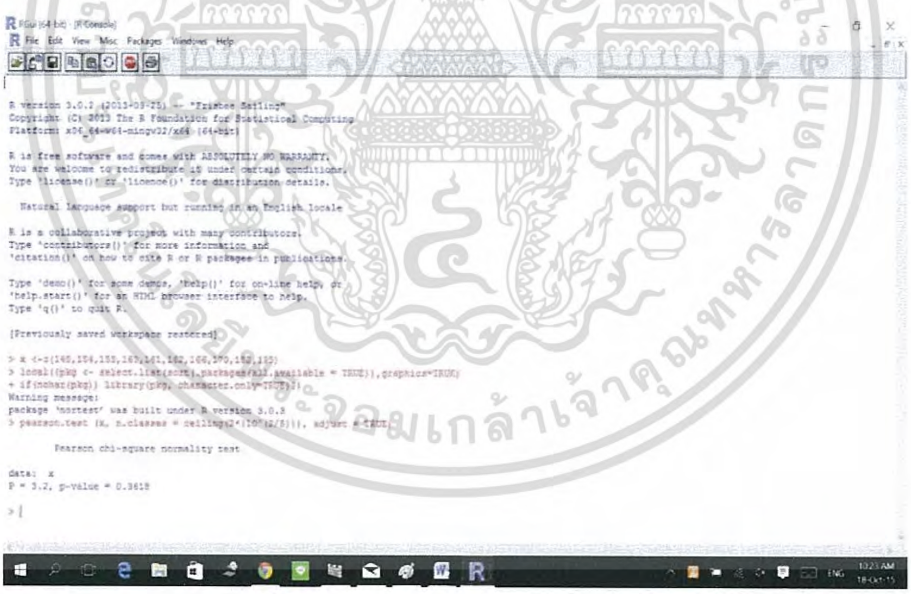
รูปที่ 22 หน้าต่าง Package Nortest

23. การคำนวณด้วยสถิติทดสอบ PCS ตัวอย่างที่ 2.6 (ดังรูปที่ 23)



รูปที่ 23 หน้าต่างสถิติทดสอบ PCS

24. กด Enter จะปรากฏผลลัพธ์ของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ PCS (ดังรูปที่ 24)



รูปที่ 24 หน้าต่างผลลัพธ์สถิติทดสอบ PCS

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวศุภรัตน์ มีประพันธ์
วัน เดือน ปีเกิด	27 ธันวาคม 2527
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
ที่อยู่ปัจจุบัน	4/17 หมู่ 3 ซอยเอกชัย43 ถนนเอกชัย แขวงบางขุนเทียน เขตจอมทอง กรุงเทพฯ 10150
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2551 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาสถิติ ชื่อสถานศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ.2559 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์ ชื่อสถานศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 8 ฉบับที่ 16 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม พ.ศ.2559
สถานที่ทำงาน	กรมทางหลวง ตำแหน่งนักวิชาการสถิติ