A COMPARATIVE STUDY OF THE EFFICIENCY OF KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST, THE LILLIEFORS TEST, AND SHAPIRO-WILK TEST FOR NORMAL DISTRIBUTION DATA BY USING R PROGRAM

PRAPORNPONG MUNSATIAN
THANAWAN WIKANAT
TANTAS AMPANSIRIRAT
TAKSINAI CHAMPA

A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN APPLIED STATISTICS
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2014

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบโคลโมโกลอฟ-สเมอร์นอฟ ลิลลิฟอร์ และชาพิโรวิลค์ สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงเป็นปกติ โดยใช้โปรแกรมอาร์ A Comparative Study of The Efficiency of Kolmogorov-Smirnov Test, The Lilliefors Test, and Shapiro-Wilk Test for Normal Distribution Data by using R Program		
นักศึกษา	นายตรรกษิไนย	จำปา	54050697
	นายทานทัศน์	อัมพันศิริรัตน์	54050698
	นายธนวรรณ	วิฆเนศ	54050701
	นายประพรพงษ์	มูลเสถียร	54050712
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชาวิชา	สถิติ		
ปีการศึกษา	2557		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร		

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหาพิเศษเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาสถิติประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร ประธานกรรมการ	
รศ.อุมาพร จันทศร กรรมการ	
ผศ.ดลชาติ ตันติวานิช กรรมการ	

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบโคลโมโกลอฟ-สเมอร์นอฟ ลิลลิฟอร์ และชาพิโรวิลค์ สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงเป็นปกติ โดยใช้โปรแกรมอาร์		
นักศึกษา	นายตรรกษิไนย	จำปา	54050697
	นายทานทัศน์	อัมพันศิริรัตน์	54050698
	นายธนวรรณ	วิฆเนศ	54050701
	นายประพรพงษ์	มูลเสถียร	54050712
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชา	สถิติ		
ปีการศึกษา	2557		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร		

บทคัดย่อ

การวิจัยวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวสถิติทดสอบสำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปกติทั้ง 3 ตัว ได้แก่ตัวสถิติทดสอบโคลโมโกลอฟ-สเมอร์นอฟ (KS) ลิลลิฟอร์ (LF) และชาพิโรวิลค์ (SW) เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบนั้นพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบที่สูงที่สุด ในการศึกษานั้นได้จำลองข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R เวอร์ชั่น 3.1.1 จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแบบที กำหนดระดับนัยสำคัญสำหรับการทดสอบคือ 0.01 0.05 และ 0.1 ใช้ขนาดตัวอย่างสำหรับงานวิจัยคือ 10 20 30 50 และ 100 ในแต่ละสถานการณ์กระทำซ้ำ 5,000 รอบ

ผลการวิจัยพบว่าในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ สถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

ในกรณีที่ลักษณะข้อมูลมีการแจกแจงแกมมา พบว่าสถิติทดสอบ KS ให้อำนาจการทดสอบสูงที่สุด ในทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ สถิติทดสอบ LF และ SW ให้อำนาจการทดสอบสูงสุดเทียบเท่า KS ที่การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ α เท่ากับ 1 และ β เท่ากับ 3 ที่ขนาดตัวอย่าง 100 ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

ในกรณีที่ลักษณะข้อมูลมีการแจกแจงที พบว่าสถิติทดสอบ SW ให้อำนาจการทดสอบสูงที่สุด ยกเว้นที่องศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และที่ขนาดตัวอย่าง 10 20 และ 30

คำสำคัญ : การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแกมมา การแจกแจงที สถิติทดสอบโคลโมโกลอฟ-สเมอร์นอฟ สถิติทดสอบลิลลิฟอร์ สถิติทดสอบชาพิโรวิลค์ ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อำนาจการทดสอบ

Title	A Comparative Study of The Efficiency of Kolmogorov-Smirnov Test, The Lilliefors Test, and Shapiro-Wilk Test for Normal Distribution Data by Using R Program
Students	Taksinai Champa 54050697
	Tantas Ampansirirat 54050698
	Thanawan Wikanat 54050701
	Prapornpong Munsatian 54050712
Degree	Bachelor of Science Program (Applied Statistics)
Department	Statistics
Academic Year	2014
Advisor	Assistant Professor Dr.Autcha Araveeporn

ABSTRACT

The objective of this research is to study and compare the efficiency of Kolmogorov-Smirnov test (KS), Lilliefors test (LF), and Shapiro-Wilk test (SW) for normal distribution. The controlling probability of type I error and the highest of power of the test are the criterian for choosing the performance of these tests. In this study, we simulate data from normal distribution, gamma distribution and T-distribution by R program version 3.1.1. The significant levels are considered on three levels at 0.01, 0.05, and 0.1. The sample sizes are set as 10, 20, 30, 50, and 100 and repeat 5000 times for each situation.

For normal distribution, the results show that KS, LF, and SW can control the type I error in all cases.

In the case of gamma distribution, KS is the highest power of the test for all sample sizes and significant levels. For significant levels 0.05 and 0.1 (n = 100), power of the test of LF and SW are equivalent to KS at gamma distribution with $\alpha = 1$ and $\beta = 3$.

In the case of T-distribution, SW shows the highest power of the test except degree of freedom 100, significant level 0.05, and n = 10, 20, and 30.

Keywords : Normal distribution, Gamma distribution, T – distribution, The Kolmogorov-Smirnov Test, The Lilliefors Test, Shapiro-Wilk Test, Type I error, Power of the test

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและมีความถูกต้องในเนื้อหา เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.อัชฌา อระวีพร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ คำปรึกษา เอื้อเฟื้อเอกสารต่างๆ และหนังสืออ้างอิง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจทานแก้ไขความถูกต้อง และตลอดจนติดตามผลงานทุกขั้นตอนของการดำเนินงานในการทำปัญหาพิเศษนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ รศ.อุมาพร จันทศร และ ผศ.ดลชาติ ตันติวานิช คณะกรรมการที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำข้อบกพร่องตลอดจนแก้ไขข้อผิดพลาดเพิ่มเติม ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณอัจฉรา แผ้วบาง และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาอุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำปัญหาพิเศษที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา และขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือในการทำงานมาโดยตลอดจนปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นายประพรพงษ์ มูลเสถียร
นายธนวรรณ วิฆเนศ
นายทานทัศน์ อัมพันศิริรัตน์
นายตรรกษิไนย จำปา

สารบัญ

หน้า

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญรูป

สารบัญรูป (ต่อ)

บทที่1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆพบว่ามีข้อมูลเกิดขึ้นมากมาย แต่บ่อยครั้งที่ไม่สามารถทราบถึงข้อมูลทั้งหมดได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลา งบประมาณการใช้จ่าย และทรัพยากรบุคคลที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงส่งผลให้การศึกษาข้อมูลทั้งหมดเป็นไปได้ยาก จึงได้ทำการศึกษาข้อมูลเพียงบางส่วนจากข้อมูลทั้งหมด ซึ่งข้อมูลที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเรื่องหนึ่งๆ เรียกว่า ประชากร (Population) และข้อมูลบางส่วนที่ทำการสุ่มเลือกมาจากประชากร เรียกว่า ตัวอย่าง (Sample) ในการศึกษาข้อมูลจากตัวอย่างเป็นการบอกเกี่ยวกับลักษณะของตัวอย่างนั้นๆ แต่โดย ทั่วๆไปมีจุดมุ่งหมายหรือจุดประสงค์เพื่อ ต้องการทราบถึงลักษณะของประชากรทั้งหมดไม่ใช่เพียงแค่ของตัวอย่างเท่านั้น จึงต้องมีการอนุมานข้อมูลจากข้อมูลตัวอย่างไปหาข้อมูลประชากรโดยใช้วิธีและเทคนิคทางสถิติ ซึ่งเรียกว่าการอนุมานเชิงสถิติ (Statistical Inference) (นฤพลและคณะ ,2556)

การอนุมานเชิงสถิติ (Statistical Inference) เป็นการศึกษาจากข้อมูลตัวอย่างที่รวบรวมจากประชากรและใช้วิธีการทางสถิติมาทำการหาข้อสรุปเกี่ยวกับประชากรนั้น โดยทั่วไปแล้วการศึกษาในเชิงอนุมานจะทำการประมาณค่า หรือทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ซึ่งจะแสดงลักษณะเฉพาะบางประการของประชากร จึงสามารถกล่าวได้ว่าสิ่งสำคัญสำหรับการอนุมานเชิงสถิตินั้น ได้แก่ การประมาณค่า (Estimation) และการทดสอบสมมติฐาน (Tests of Hypothesis) (วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล ,2550)

การทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม จะใช้ตัวสถิติทดสอบ Z หรือสถิติทดสอบ T ส่วนการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และการทดสอบสมมติฐานอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งทดสอบภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้น ได้แก่ ค่าสังเกตจะถูกสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ และมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ดังนั้นก่อนที่จะทำการทดสอบสมมติฐานจะต้องตรวจสอบก่อนว่าค่าสังเกตที่ถูกสุ่มมานั้นมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเป็นปกติหรือไม่ หากมีการฝ่าฝืนถึงข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงปกติของประชากรจะส่งผลกระทบให้ผลสรุปที่ได้ขาดความน่าเชื่อถือ ดังนั้นก่อนทำการวิเคราะห์ข้อมูลควรมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงปกติของประชากร โดยที่สถิติทดสอบการแจกแจงปกติของประชากรมีหลายวิธี เช่น สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov Test) ลิลลิฟอร์ (The Lilliefors Test) และชาพิโรวิลค์ (Shapiro-Wilk Test) เป็นต้น

สำหรับการแจกแจง (Distribution) ของตัวแปรสุ่มแบ่งได้ 2 ชนิด คือ การแจกแจงของตัวแปรสุ่มชนิดไม่ต่อเนื่อง (Discrete Distribution) เช่น การแจกแจงทวินาม (Binomial Distribution) การแจกแจงปัวซง (Poisson Distribution) การแจกแจงไฮเพอร์จีออเตริก (Hypergeometric Distribution) เป็นต้น และการแจกแจงของตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง (Continuous Distribution) เช่น การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (Exponential

Distribution) การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution)การแจกแจงไค-กำลังสอง(Chi-square distribution) การแจกแจงที (T- Distribution) เป็นต้น

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจข้อมูลของตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงเป็นปกติ (Normal Distribution) มีพารามิเตอร์เป็น μ และ σ^2 และข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงเป็นปกติ ในที่นี้ผู้วิจัยสนใจการแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution) มีพารามิเตอร์เป็น α และ β การแจกแจงที (T- Distribution) ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ ν $(\nu > 0)$ เพื่อที่จะนำสถิติทดสอบของการแจกแจงดังกล่าวมาทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้สถิติทดสอบดังต่อไปนี้ โคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov Test) ลิลลิฟอร์ (The Lilliefors Test) และชาพิโรวิลค์ (Shapiro-Wilk Test) โดยนำมาหาประสิทธิภาพการทดสอบความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจในการทดสอบของสถิติทดสอบดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ที่ศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการทดสอบการแจกแจงปกติของประชากรโดยวิธีโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ลิลลิฟอร์และชาพิโรวิลค์

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ลิลลิฟอร์ และชาพิโรวิลค์

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบอำนาจในการทดสอบของสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ลิลลิฟอร์ และชาพิโรวิลค์

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 กำหนดตัวแปรสุ่ม X ให้มีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) มีพารามิเตอร์เป็น μ และ σ^2 โดยมีฟังก์ชันแจกแจงความน่าจะเป็น

$$f\left(x;\mu,\sigma^2\right) = \begin{cases} \dfrac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} & ;-\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma^2 > 0 \\ 0 & ;\text{ค่าอื่นๆ} \end{cases}$$

1.3.2 กำหนดตัวแปรสุ่ม X ให้มีการแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution) มีพารามิเตอร์เป็น α และ β โดยมีฟังก์ชันแจกแจงความน่าจะเป็น

$$f\left(x;\alpha,\beta\right) = \begin{cases} \dfrac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^{\alpha}} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} & ;x > 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0 & ;\text{ค่าอื่นๆ} \end{cases}$$

1.3.3 กำหนดให้ Z เป็นตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงปกติมาตรฐาน และ V เป็นตัวแปรสุ่มไคสแควร์ ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ v ถ้า Z และ V เป็นอิสระต่อกัน การแจกแจงตัวแปรสุ่ม $T = \frac{Z}{\sqrt{V/v}}$

โดยมีฟังก์ชันความน่าจะเป็นคือ

$$f(x;v) = \begin{cases} \dfrac{\Gamma\left(\frac{v+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)\sqrt{\pi v}}\left(1+\dfrac{x^2}{v}\right)^{-\frac{v+1}{2}} & ; -\infty < x < \infty \text{ , } v > 0 \\ 0 & ; \text{ค่าอื่นๆ} \end{cases}$$

ตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงทีโดยมีองศาแห่งความเป็นอิสระ v มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ $\frac{v}{v-2}$ เมื่อ $v \geq 3$

1.3.4 กำหนดขนาดตัวอย่าง n = 10 20 30 50 และ 100

1.3.5 กำหนดพารามิเตอร์ของการแจกแจงปกติมีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) ได้แก่ (5,9) (5,25) และ (5,100) กำหนดพารามิเตอร์ของการแจกแจงแกมมามีพารามิเตอร์ (α,β) ได้แก่ (4,3) (1,3) และ (4,2) และ กำหนดองศาแห่งความเป็นอิสระ (v) ของการแจกแจงที เท่ากับ 3 10 และ 100

1.3.6 กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.1

1.3.7 โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ทั้งหมดเขียนด้วยโปรแกรม R version 3.1.1 ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 5,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักเป็นจริง

1.4.2 อำนาจการทดสอบ หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักไม่เป็นจริง

1.4.3 เกณฑ์การทดสอบของ Cochran(1954) และ Bradley(1978) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ควบคุม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและวิจัยเพื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบการแจกแจงที่เป็นปกติของประชากรอื่นๆ

1.5.2 ทำให้เลือกใช้สถิติทดสอบการแจกแจงปกติของประชากรได้อย่างเหมาะสมเมื่อข้อมูลมีขนาดต่างๆกัน และพารามิเตอร์ต่างๆกัน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบการแจกแจงปกติและการแจกแจงต่างๆของข้อมูล โดยมีเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องตามลำดับต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถิติที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอนอร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov Test) (รศ.อุมาพร จันทศร, 2542)

เป็นการทดสอบซึ่งแนะนำขึ้นโดย Kolmogorov ใช้ได้กับข้อมูลที่มีมาตรวัดอย่างน้อยแบบเรียงลำดับ (Ordinal scale) การทดสอบนี้จะช่วยทำให้ทราบว่าการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาเหมือนกับการแจกแจงของประชากรที่เราสนใจหรือไม่ หรืออธิบายได้ว่าข้อมูลจากตัวอย่างสามารถพูดได้อย่างมีเหตุมีผลหรือไม่ว่ามาจากประชากรที่มีการแจกแจงทางทฤษฎีอันหนึ่ง นั่นคือการทดสอบการแจกแจงนั้นเอง จะใช้เมื่อตัวแปรที่สนใจมีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution)

สามารถเขียนสมมติฐานของการทดสอบได้ดังนี้

$H_0 : F(x) = F^*(x)$ สำหรับทุกค่าของ x

$H_1 : F(x) \neq F^*(x)$ สำหรับค่าของ x อย่างน้อยที่สุด 1 ค่า

หรือ

H_0: ข้อมูลนี้มาจากการแจกแจงปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย = μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = σ

H_1: ข้อมูลนี้ไม่ได้มาจากการแจกแจงปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย = μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = σ

การคำนวณสถิติทดสอบคือ

$$\mathrm{D} = \max\left\{\max\left[\left|S(x_i) - F^*(x_i)\right|, \left|S(x_{i-1}) - F^*(x_i)\right|\right]\right\}$$

สำหรับทุกค่าของ i = 1,2,3,...,r+1 โดยที่ r = จำนวนของค่า x ที่แตกต่างกัน

เมื่อ $S(x_i)$ เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของตัวอย่างสุ่มขนาด n

และ $F^*(x_i)$ เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมตามทฤษฎีหนึ่งๆ เช่น ฟังก์ชันของการแจกแจงปกติ

จะปฏิเสธสมมุติฐานหลักเมื่อค่า D มากกว่าค่า $D_{\alpha,n}$ จากตารางที่ 1 ค่าวิกฤตเฉพาะของโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ โดยที่ α หมายถึงระดับนัยสำคัญ และ n หมายถึงขนาดตัวอย่าง

ตัวอย่าง 2.1 จงทดสอบว่าข้อมูลต่อไปนี้ที่ถูกสุ่มมาด้วยขนาด 36 มาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย 85 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 15 หรือไม่

58	78	84	90	97	70	90	86	82
59	90	70	74	83	90	76	88	84
68	93	70	94	70	110	67	68	75
80	68	82	104	92	112	84	98	80

วิธีทำ

H_0: ข้อมูลนี้มาจากการแจกแจงปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย = 85 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 15
H_1: ข้อมูลนี้ไม่ได้มาจากการแจกแจงปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย = 85 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 15

จะใช้การทดสอบของโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ และคำนวณหาค่า S(x) F^*(x) และ D ดังต่อไปนี้

x_i	$S(x_i)$	$F^*(x_i)$	$\lvert S(x_i) - F^*(x_i) \rvert$	$\lvert S(x_{i-1}) - F^*(x_i) \rvert$
58	.0278	.0359	.0081	.0359
59	.0556	.0418	.0138	.0140
67	.0833	.1151	.0318	.0595
68	.1667	.1292	.0375	.0459
70	.2778	.1587	.1191	.0080
74	.3056	.2327	.0729	.0451
75	.3333	.2514	.0819	.0542
76	.3611	.2743	.0868	.0590
78	.3889	.3192	.0697	.0149
80	.4444	.3707	.0737	.0182

x_i	$S(x_i)$	$F^*(x_i)$	$\lvert S(x_i)-F^*(x_i)\rvert$	$\lvert S(x_{i-1})-F^*(x_i)\rvert$
82	.5000	.4207	.0793	.0237
83	.5278	.4483	.0795	.0517
84	.6111	.4721	.1390	.0557
86	.6339	.5279	.1110	.0832
88	.6667	.5793	.0874	.0596
90	.7778	.6293	**.1485**	.0300
92	.8056	.6808	.1248	.0970
93	.8333	.7019	.1314	.1037
94	.8611	.7257	.1354	.1076
97	.8889	.7881	.1008	.0730
98	.9167	.8078	.1089	.0811
104	.9444	.8980	.0464	.0187
110	.9722	.9525	.0197	.0081
112	1.0000	.9641	.0.359	.0081

จะพบว่าค่ามากที่สุดของ $\left|S\left(x_i\right) - F^*\left(x_i\right)\right| =$ .1485 และไม่มีค่าใดของ $\left|S(x_{i-1}) - F^*(x_i)\right|$ ที่มีค่ามากกว่า .1485 ดังนั้น D = .1485 จากตารางที่ 1 ที่ n = 36 α = .05 ได้ค่าวิกฤต $D_{0.05,36}$ = .221 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั่นคือ ตัวอย่างสุ่มชุดนี้ถูกสุ่มมาจากประชากรปกติด้วยค่าเฉลี่ย = 85 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 15

2.1.2 สถิติทดสอบลิลลิฟอร์ (The Lilliefors Test) (รศ.อุมาพร จันทศร, 2542)

Lilliefors (1967) ได้ปรับปรุงการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov ในกรณีที่ต้องการทดสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติที่ไม่ได้ระบุค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบของลิลลิฟอร์จะเหมือนกับการทดสอบของโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟเกือบทุกประการ ยกเว้นการใช้คะแนนมาตรฐานแทนคะแนนดิบ กล่าวคือ จากข้อมูลตัวอย่างคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยสูตร

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

และแปลงค่า x_i เป็นค่า z_i ด้วยสูตร $z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$, i = 1,...,n

โดยใช้ สูตร $D = \max\left\{\max\left[\left|F_0(z_i) - S(z_i)\right|, \left|F_0(z_i) - S(z_{i-1})\right|\right]\right\}$, i = 1,...,n

เมื่อ $S(z_i)$ เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของตัวอย่างสุ่มขนาด n

และ $F_0(z_i)$ เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมตามทฤษฎีหนึ่งๆ เช่น ฟังก์ชันของการแจกแจงปกติ

จะปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อค่า D มากกว่าค่า $D_{\alpha,n}$ จากตารางค่าวิกฤตเฉพาะของลิลลิฟอร์ โดยที่ α หมายถึงระดับนัยสำคัญ และ n หมายถึงขนาดตัวอย่าง

การหาสถิติทดสอบของลิลลิฟอร์เหมือนกันกับโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ แต่จะใช้ตารางค่าวิกฤตเฉพาะของลิลลิฟอร์

ตารางที่ 2 ประกอบด้วย ตารางกรณีที่ไม่ทราบค่าเฉลี่ยแต่ทราบค่าความแปรปรวน
ตารางกรณีที่ทราบค่าเฉลี่ยแต่ไม่ทราบความแปรปรวน
ตารางกรณีที่ไม่ทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน

<u>ตัวอย่าง 2.2</u> ข้อมูลอายุผู้เสียชีวิตเพศชายในสุสานแห่งหนึ่งใน Water Ross, Scotland จำนวน 117 คน ได้ถูกบันทึกไว้ และสุ่มมา 30 คน ได้ค่าอายุ (เรียงลำดับ) ดังนี้

11	13	14	22	29	30	41	41	52	55	56
59	65	65	66	74	74	75	77	81	82	82
82	82	83	85	85	87	87	88			

มีเหตุผลเพียงพอหรือไม่ ที่จะกล่าวว่าอายุของผู้เสียชีวิตมีการแจกแจงปกติ

<u>วิธีทำ</u>

H_0 : อายุผู้เสียชีวิตมีการแจกแจงปกติ

H_1 : อายุผู้เสียชีวิตไม่มีการแจกแจงปกติ

จากข้อมูลตัวอย่างขนาด 30 คำนวณหาค่า $\bar{x}$ และ s ได้ค่า $\bar{x}$ = 61.43 และ s = 25.04 แล้วเปลี่ยนค่าของข้อมูลอายุ (x_i) ให้เป็นคะแนนมาตรฐาน z_i ดังนี้

ที่ $x_1 = 11$, $z_1 = \dfrac{11-61.43}{25.04} = -2.014$ และทำนองเดียวกันที่ i อื่นๆ

คำนวณหาค่า $F_0(z_i)$ จากพื้นที่ด้านซ้ายของการแจกแจงปกติมาตรฐานที่ z_i เช่น ที่ $z_1 = -2.014$ ได้ $F_0(z_i) = P(Z < -2.014) = 0.022$ และทำนองเดียวกันที่ i อื่นๆ

ส่วนค่า $S(z_i) = \dfrac{k}{n}$ โดยที่ n คือขนาดตัวอย่างของข้อมูล เช่น $S(z_1) = \dfrac{1}{30} = 0.033$ สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้ และ k คือจำนวนข้อมูลสะสม

x_i	z_i	$F_0(z_i)$	$S(z_i)$	$\lvert F_0(z_i)-S(z_i)\rvert$	$\lvert F_0(z_i)-S(z_{i-1})\rvert$
11	-2.014	.022	.033	0.011	.022
13	-1.934	.026	.067	0.044	.007
14	-1.894	.029	.100	0.071	.038
22	-1.575	.058	.133	0.075	.042
29	-1.295	.167	.098	0.069	.035
30	-1.255	.105	.200	0.095	.062
41*	-0.816	.207	.267	0.060	.007
52	-0.377	.353	.300	0.053	.086
55	-0.257	.399	.333	0.066	.099
56	-0.217	.414	.367	0.047	.081
59	-0.097	.461	.400	0.061	.094
65*	0.142	.556	.467	0.089	.156
66	0.183	.572	.500	0.072	.105
74*	0.502	.692	.567	0.125	**.192**
75	0.542	.706	.600	0.106	.139
77	0.622	.733	.633	0.100	.133
81	0.781	.782	.667	0.115	.149
82*	0.821	.794	.800	0.006	.127
83	0.861	.805	.833	0.028	.005
85*	0.942	.827	.900	0.073	.006
87*	1.021	.846	.967	0.121	.054
88	1.061	.856	1.00	0.144	.111

* หมายถึง มีข้อมูลซ้ำ

จากคอลัมน์ที่ 5 และ 6 ค่าที่มากที่สุดคือ .192 ดังนั้นได้ค่า D = .192

และหาค่าวิกฤตจากตารางที่ 4 (เนื่องจากไม่ทราบค่า μ และ σ) เมื่อกำหนด α = 0.01 ที่

n = 30 ได้ค่าวิกฤต $D_{0.01,30}$ = 0.183 ดังนั้นจึงตกในอาณาเขตวิกฤต ปฏิเสธ H_0

นั้นคือ อายุคนเสียชีวิตเพศชายของสุสานนี้ไม่มีการแจกแจงปกติ

2.1.3 สถิติทดสอบชาพิโรวิลค์ (Shapiro-Wilk Test) (รศ.อุมาพร จันทศร, 2551)

สามารถเรียกสั้นได้ว่า W test โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการทดสอบด้วย W test เมื่อตัวอย่างสุ่มมีขนาด n ≤ 50 เท่านั้น

สมมติฐานของการทดสอบ คือ

H_0: ข้อมูลนี้มาจากการแจกแจงแบบปกติ

H_1: ข้อมูลนี้ไม่ได้มาจากการแจกแจงแบบปกติ

คำนวณหาตัวสถิติทดสอบโดยเรียงลำดับค่าสังเกต n ค่าจากน้อยไปหามาก

ตัวสถิติทดสอบ คือ

$$W = \frac{\left\{\sum_{i=1}^{k} a_{n+1-i}\left(x_{n+1-i} - x_{(i)}\right)\right\}^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(x_{(i)} - \bar{x}\right)^2}$$

เมื่อ

n แทนขนาดตัวอย่าง

k แทน จำนวนเต็มที่เล็กที่สุดที่มากกว่าหรือเท่ากับ n/2

a_i แทน ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการเปิดตารางที่ 3 Coefficients for the W test for normality

$x_{(i)}$ แทน order sample

จะปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อค่า W ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าวิกฤติ ที่ได้จากตารางที่ 4 Percentage points of the W test ที่ขนาดตัวอย่าง n และระดับนัยสำคัญที่ต้องการ

ตัวอย่าง 2.3 การใช้สถิติของชาพิโรวิลค์ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลต่อไปนี้

-3 -5 4 6.5 0 2 1 3.5 7 10

วิธีทำ

H_0 : ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

เรียงลำดับข้อมูลใหม่

i	$x_{(i)}$	$\left(x_{(i)}-\bar{x}\right)^2$
1	-5	57.76
2	-3	31.36
3	0	6.76
4	1	2.56
5	2	0.36
6	3.5	0.81
7	4	1.96
8	6.5	15.21
9	7	19.36
10	10	54.76
		190.90

$$\bar{x}=\frac{\sum_{i=1}^{n}x}{n}=\frac{-5-3+0+1+2+3.5+4+6.5+7+10}{10}=2.6$$

$$a^2=\sum_{i=1}^{10}(x_{(i)}-\bar{x})^2 = 190.90$$

จากตารางที่ 5 เมื่อ n = 10

a_{10} = 0.5739 a_9 = 0.3291 a_8 = 0.2141 a_7 = 0.1224 และ a_6 = 0.0399,

$$b=\sum_{i=1}^{5}a_{n+1-i}(x_{n+1-i}-x_{(i)})$$

$$= 0.5739(10-(-5))+0.3291(7-(-3))+0.2141(6.5-0)+0.1224(4-1)+0.0399(3.5-2)$$

$$= 13.7182$$

$$W = \frac{b^2}{a^2} = \frac{(13.7182)^2}{190.90} = 0.9858$$

เนื่องจาก W ที่คำนวณ มีค่า 0.9858 ซึ่งมีค่ามากกว่า จากตารางที่ 6 พบว่า ถ้ากำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่าวิกฤติที่ขนาดตัวอย่าง 10 มีค่าเท่ากับ 0.842 ดังนั้น ยอมรับ H_0 นั่นคือตัวอย่างสุ่มชุดนี้มีการแจกแจงแบบปกติ

2.2 การแจกแจงของข้อมูล

2.2.1 **การแจกแจงปกติ (Normal Distribution)**

การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มค่าต่อเนื่องที่สำคัญที่สุด คือ **การแจกแจงปกติ** ซึ่งเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่ส่วนมากจะมีค่าใกล้เคียงค่าเฉลี่ยของตัวแปรเหล่านั้น จะมีค่าของตัวแปรที่มากกว่าหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอย่างมากเป็นส่วนน้อย

ค.ศ. 1733 **อับราฮัม เดอมัว** (De Moivre ค.ศ. 1667-1754 นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส) หาสมการของเส้นโค้งของการแจกแจงแบบปกติได้ ต่อมา คาร์ล ฟรีดริคเกาส์ (Gauss ค.ศ. 1777-1855 นักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมัน) ก็ได้สมการนี้จากการศึกษาเรื่องความคลาดเคลื่อนในการวัดปริมาณเดียวกันหลายๆครั้ง การแจกแจงนี้จึงมีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า **"การแจกแจงแบบเกาส์"** (Gaussian distribution) ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ เรียกว่า ตัวแปรสุ่มปกติ (Normal Random Variable) ถ้าค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มปกติ X คือ μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ σ โดยมีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะ-เป็น

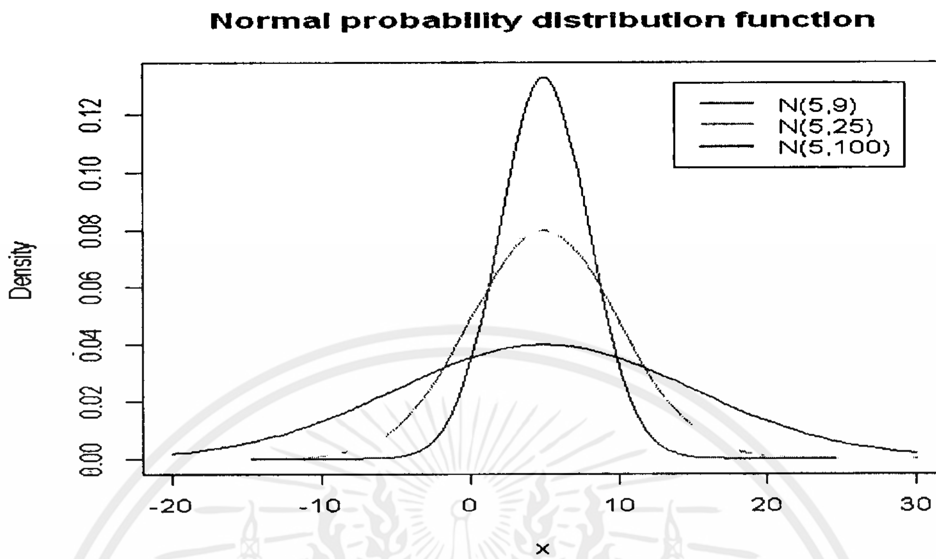
$$f\left(x;\mu,\sigma^2\right) = \begin{cases} \dfrac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} & ; -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma^2 > 0 \\ 0 & ;\ \text{ค่าอื่นๆ} \end{cases}$$

โดยที่ π = 3.14159... และ e = 2.71828...

คุณสมบัติของโค้งปกติมีดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยม อยู่ที่ x =μ (ตำแหน่งที่เส้นโค้งปกติสูงที่สุด)
2. โค้งปกติมีสมมาตรกับแกนตั้งที่ลากผ่าน μ
3. โค้งปกติมีจุดเปลี่ยนเว้า x = μ ± σ
4. ปลายโค้งปกติเข้าใกล้แกน X เมื่อ x มีค่าห่างจาก μ ออกไปทุกที แต่จะไม่สัมผัสแกน X
5. พื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ใต้เส้นโค้งปกติ และอยู่เหนือแกน X มีค่าเป็น 1

จากการทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (5,9) (5,25) และ (5,100) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงการแจกแจงปกติ มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (5,9) (5,25) และ (5,100)

2.2.2 การแจกแจงแกมมา(Gamma Distribution)

ตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง X ที่มีการแจกแจงแกมมา มีพารามิเตอร์เป็น α และ β โดยมีฟังก์ชันแจกแจงความน่าจะเป็น

$$f(x;\alpha,\beta) = \begin{cases} \dfrac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^{\alpha}} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} & ; x>0, \alpha>0, \beta>0 \\ 0 & ;\text{ค่าอื่นๆ} \end{cases}$$

<u>หมายเหตุ</u>

1.แกมมาฟังก์ชัน $\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1}e^{-x}dx$ เมื่อ $\alpha > 0$

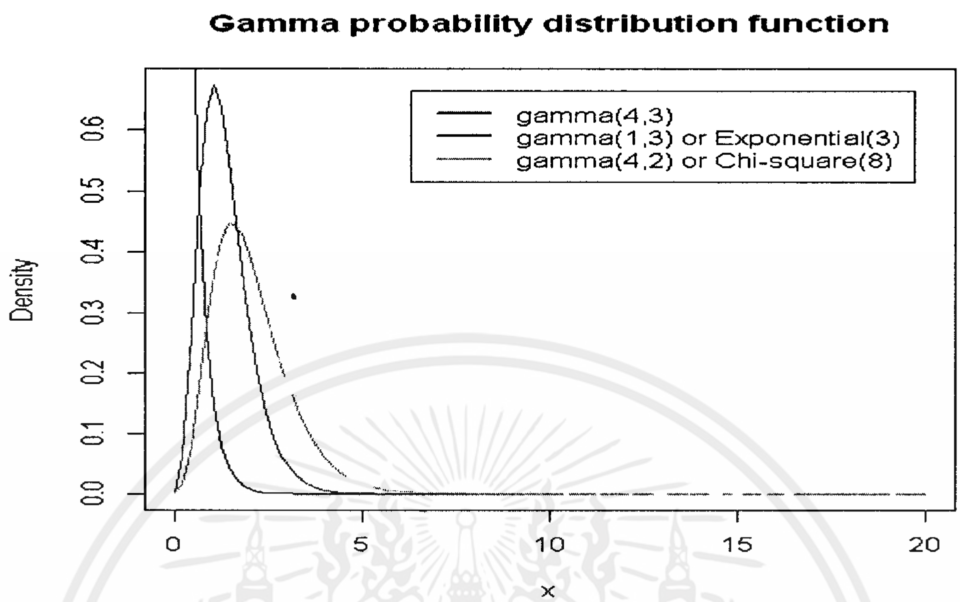
2. $\Gamma(\alpha) = (\alpha-1)\Gamma(\alpha-1)$

3. $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}$

4. $\Gamma(n) = (n-1)!$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก

ตัวแปรสุ่มแกมมา X มีค่าเฉลี่ย $\alpha\beta$ และความแปรปรวน $\alpha\beta^2$

จากการทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,3) (1,3) และ (4,2) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการแจกแจงของการแจกแจงแกมมามีพารามิเตอร์ (α,β) คือ

(4,3) (1,3) และ (4,2)

2.2.3 การแจกแจงที (T- Distribution)

กำหนดให้ Z เป็นตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงปกติมาตรฐาน และ V เป็นตัวแปรสุ่มไคสแควร์ ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ v ถ้า Z และ V เป็นอิสระต่อกัน การแจกแจงตัวแปรสุ่ม $T = \dfrac{Z}{\sqrt{V/v}}$ โดยมีฟังก์ชันความน่าจะเป็น คือ

$$f(x;v) = \begin{cases} \dfrac{\Gamma\left(\dfrac{v+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\dfrac{v}{2}\right)\sqrt{\pi v}}\left(1+\dfrac{x^2}{v}\right)^{-\frac{v+1}{2}} & ; -\infty < x < \infty \ , \ v > 0 \\ 0 & ; \text{ค่าอื่นๆ} \end{cases}$$

ตัวแปรสุ่ม x มีการแจกแจงทีโดยมีองศาความเป็นอิสระ v มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ $\dfrac{v}{v-2}$ เมื่อ $v \ge 3$

การแจกแจงที และ การแจกแจงปกติมาตรฐาน Z คล้ายกัน คือ ต่างก็มีการแจกแจงแบบรูประฆังมีสมมาตรกับค่าเฉลี่ย

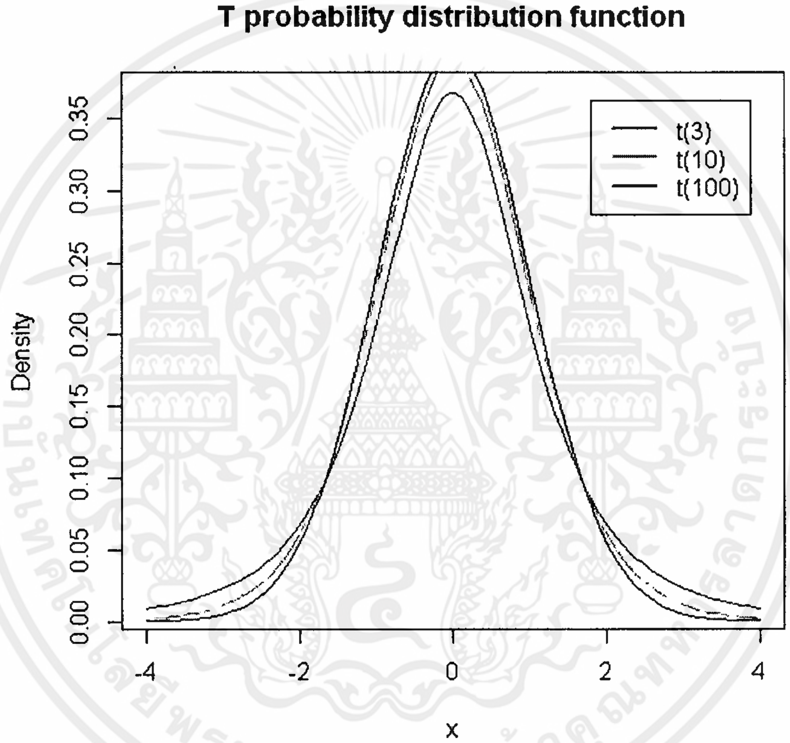
คุณสมบัติของโค้งของการแจงแจกที

1.ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยม มีค่าเท่ากับ 0

2.โค้งมีสมมาตรกับแกนตั้งที่ลากผ่านค่าเฉลี่ย

3.พื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ใต้เส้นโค้ง และอยู่เหนือแกนที มีค่าเป็น 1

จากการทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความอิสระ(v) เท่ากับ 3 10 และ 100 ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการแจกแจงของการแจกแจงที มีองศาแห่งความอิสระ v เท่ากับ 3 10 และ 100

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 รศ.อุมาพร จันทรศร (2551 .: บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงปกติจากสถิติทดสอบทั้ง 3 แบบคือ Kolmogorov , Lilliefors และ Shapiro-Wilk ที่มีอยู่ในSPSS v.13 และจากสถิติทดสอบ 3 แบบ Kolmogorov , Anderson-Darling และ Ryan-Joiner ที่มีอยู่ใน MINITAB 14 ข้อมูลที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลจากการจำลองแบบจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ และที่เบี่ยงเบนไปเล็กน้อยจากการแจกแจงปกติ โดยใช้เมนู Calc-Rabdom Data จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ MINITAB ในแต่ล่ะกรณีมีการทำซ้ำ 500 ครั้ง ของการจำลองแบบข้อมูล มีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 30, 50 และ 100 ทำการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ และความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนชนิดที่ I

ผลการวิจัย พบว่าสถิติทดสอบ Ryan-Joiner(คล้าย Shapiro-Wilk) ใน MINITAB มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกกรณี และทุกขนาดตัวอย่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 โดยเฉพาะเมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่เท่ากับ100 จะมีอำนาจการทดสอบเข้าใกล้ 1 และมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ I ได้เกือบทั้งหมด ตามเกณฑ์ของ Cochran และยังพบว่าสถิติ Kolmogorov ใน MINITAB แท้ที่จริงคือสถิติ Lilliefors

2.3.2 เบญจา ชูโต (2557 : บทคัดย่อ) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวสถิติทดสอบสำหรับทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน 6 ตัว ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบ KS, A, W, D, K^2 และ G เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบนั้นพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ ในการศึกษานั้นได้จำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ แบบปกติปลอมปน แบบที แบบไคสแควร์ แบบเบต้า แบบแกมมา แบบไวบูล และแบบลาปาส กำหนดระดับนัยสำคัญสำหรับการทดสอบคือ 0.01, 0.05 และ 0.10 ใช้ขนาดตัวอย่าง 10, 20, 50 และ 100 ในแต่ละสถานการณ์กระทำซ้ำ 1000 รอบ

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ตัวสถิติทดสอบ KS, A, W และ G สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ตัวสถิติทดสอบ K^2 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนสถิติทดสอบ D ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ระดับนัยสำคัญ 0.10

2. ตัวสถิติทดสอบ K^2 และ G มีอำนาจการทดสอบสูงในกรณีข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติปลอมปน และการแจกแจงแบบสมมาตรและโด่งสูง

3. ตัวสถิติทดสอบ KS และ A มีอำนาจการทดสอบสูงในกรณีข้อมูลมีตัวอย่างขนาดเล็ก

4. ขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

5. เมื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบจากทุกกรณีโดยส่วนใหญ่แล้วพบว่าตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A, K^2, G และ KS ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลอง เพื่อศึกษาและเปรียบถึงประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ได้แก่ ตัวสถิติโคลโมโกลอฟ (KS) ตัวสถิติลิลลิฟอร์ (LF) และตัวสถิติชาพิโรวิลค์ (SW)

ในการทำการวิจัยครั้งนี้ศึกษาจากการจำลองข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยที่ใช้โปรแกรม R เวอร์ชั่น 3.1.1 ในการทำการวิจัย เพื่อเปรียบเทียบความน่าจะเป็นในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติดังกล่าว

3.1 การวางแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดสถานการณ์ในการศึกษาเปรียบเทียบดังนี้

3.1.1 กำหนดขนาดตัวอย่าง (n) มีค่าเท่ากับ 10 20 30 50 และ 100

3.1.2 กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

3.1.3 ผู้ทำการทดลองวิจัยทำการจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีลักษณะต่างๆ 3 กลุ่มดังนี้

3.1.3.1 การแจกแจงปกติมีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) ได้แก่ (5,9) (5,25) และ (5,100)

3.1.3.2 การแจกแจงแกมมามีพารามิเตอร์ (α,β) ได้แก่ (4,3) (1,3) และ (4,2)

3.1.3.3 การแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ ν เท่ากับ 3 10 และ 100

3.1.4 คำนวณค่าประมาณของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการแจกแจงแบบปกติในทุกสถานการณ์

3.1.5 คำนวณอำนาจของการทดสอบ จากการแจกแจงแบบแกมมา และการแจกแจงทีในทุกสถานการณ์

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะดำเนินงานตามขั้นตอนโดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนในการคำนวณค่าประมาณของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

3.2.1.1 จำลองข้อมูลในแต่ละขนาดจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติให้มีพารามิเตอร์ตามที่ต้องการ ด้วยโปรแกรม R เวอร์ชั่น 3.1.1

3.2.1.2 คำนวณค่าสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวได้แก่ โคลโมโกลอฟ ลิลลิฟอร์ และชาพิโรวิลค์ โดยใช้คำสั่งจากโปรแกรม R

3.2.1.3 สรุปผลการยอมรับหรือการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ในแต่ละระดับนัยสำคัญโดยการเทียบระดับนัยสำคัญกับค่า p-value

3.2.1.4 ทำซ้ำข้อ 3.2.1.1 – 3.2.1.3 จนครบ 5,000 ครั้ง แล้วทำการประมาณค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ดังนี้

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

ถ้าค่าประมาณของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบสำหรับแต่ละสถานการณ์มีค่าอยู่ในช่วงที่ได้กำหนดไว้ในเกณฑ์ของการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบได้แก่ เกณฑ์ของ Cochranและเกณฑ์ของ Bradleyจะถือว่าสถิติตัวทดสอบนั้นมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ โดยที่มีรายละเอียดของเกณฑ์ Cochranและเกณฑ์ของ Bradleyดังนี้

<u>เกณฑ์ของ Cochran</u>

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.007,0.015] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.04,0.06] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.08,0.12] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จะสรุปได้ว่าสถิตินั้นควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

<u>เกณฑ์ของ Bradley</u>

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.005,0.015] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.025,0.075] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.05,0.15] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จะสรุปได้ว่าสถิตินั้นควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

3.2.2 ขั้นตอนในการคำนวณอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ

3.2.2.1 จำลองข้อมูลในแต่ละขนาดจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบแกมมา และการแจกแจงทีให้มีพารามิเตอร์และองศาแห่งความเป็นอิสระตามที่ต้องการ ด้วยโปรแกรม R เวอร์ชั่น 3.1.1

3.2.2.2 คำนวณค่าสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวได้แก่ KS LF และ SW โดยใช้คำสั่งจากโปรแกรม R

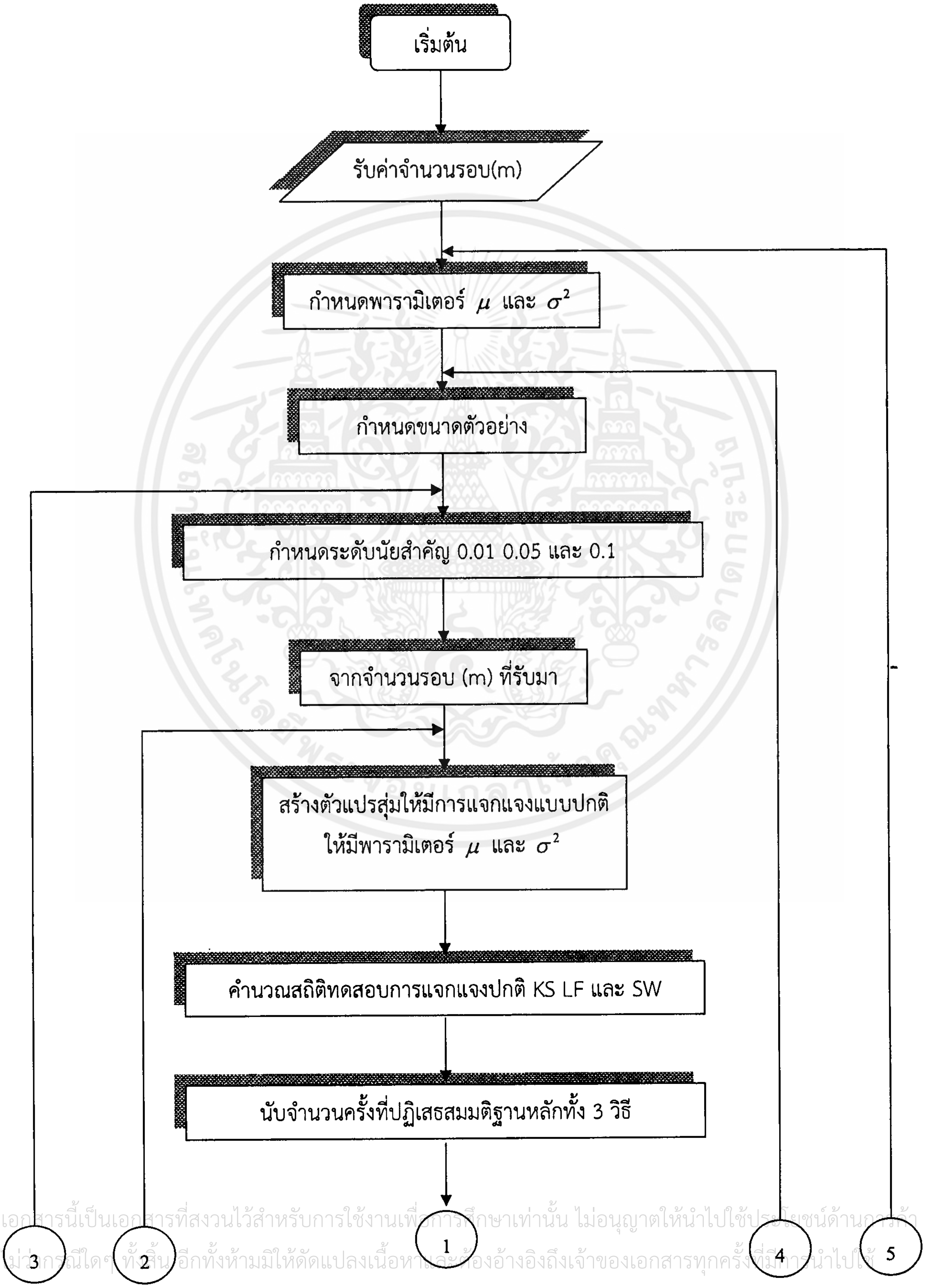
3.2.2.3 สรุปผลการยอมรับหรือการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ในแต่ละระดับนัยสำคัญโดยการเทียบระดับนัยสำคัญกับค่า p-value

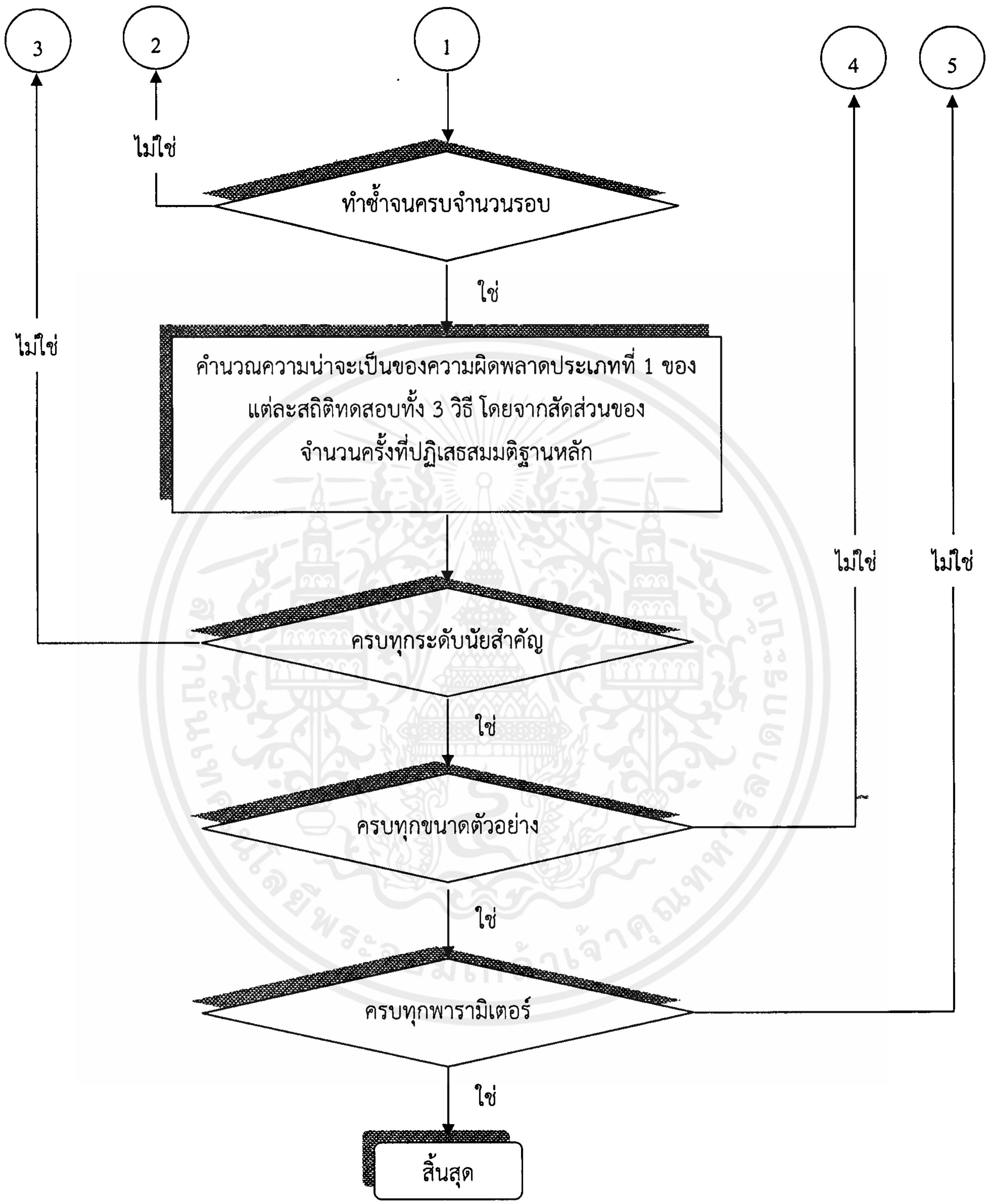
3.2.2.4 ข้อ 3.2.2.1 – 3.2.2.3 จนครบ 5,000 ครั้ง แล้วทำการประมาณค่าอำนาจของการทดสอบ โดยการนับจำนวนครั้งของกรปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ดังนี้

$$\text{ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ ไม่เป็นจริง}}{5{,}000}$$

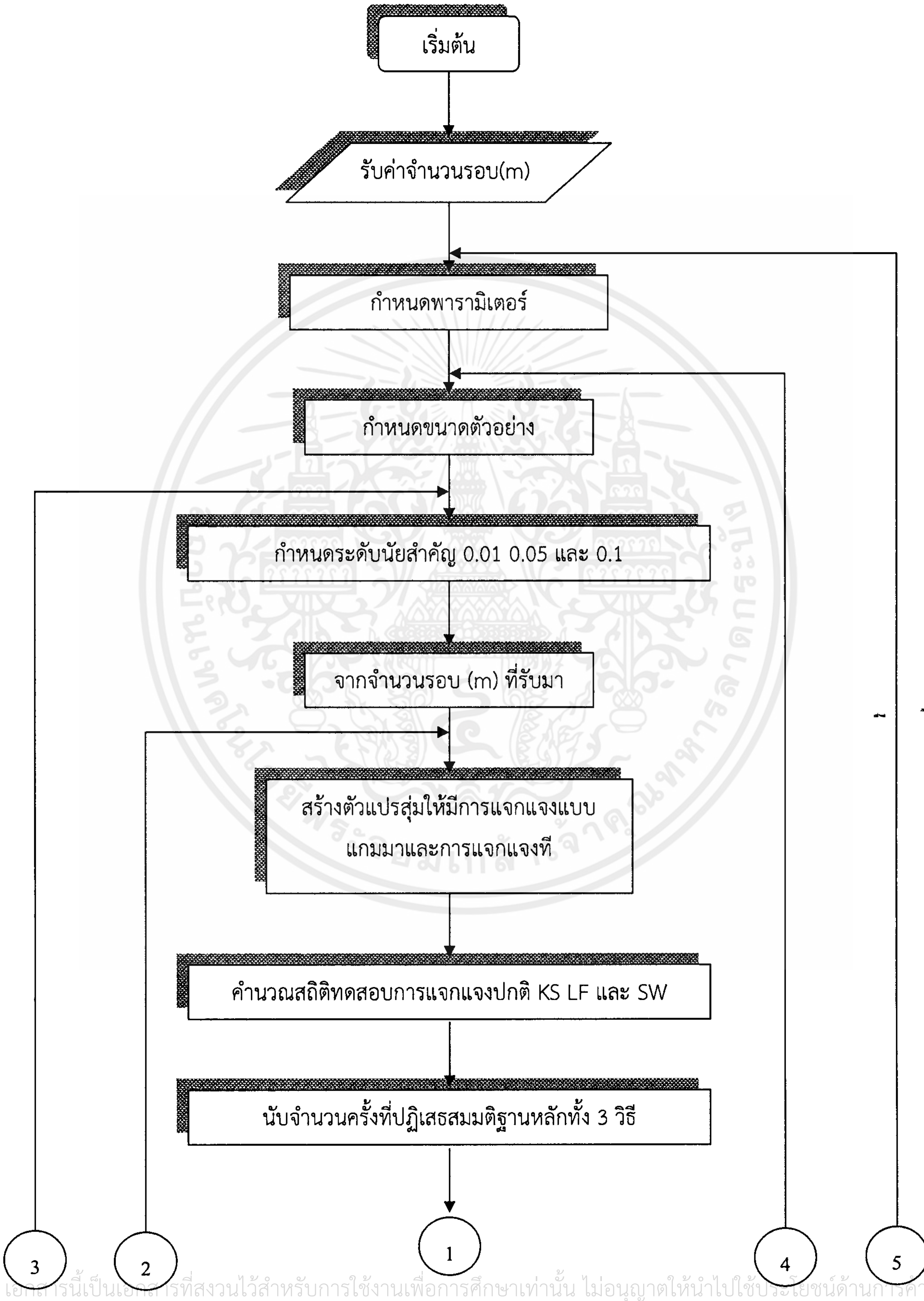
3.3 ขั้นตอนของโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

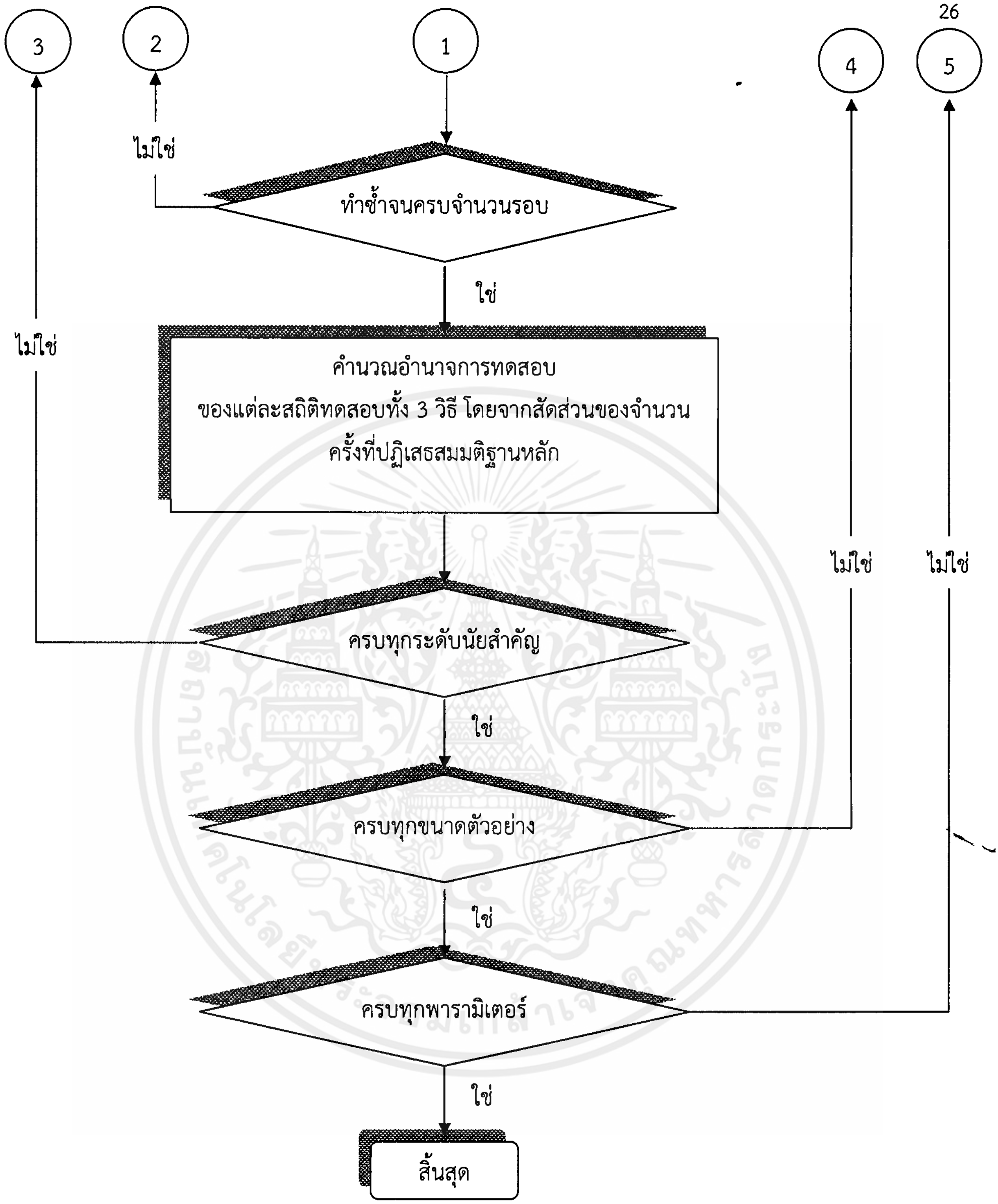
3.3.1 ขั้นตอนของโปรแกรมในส่วนการคำนวณค่าประมาณของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1




3
2
1
4
5
ไม่ใช่
ทำซ้ำจนครบจำนวนรอบ
ใช่
ไม่ใช่
คำนวณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของแต่ละสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี โดยจากสัดส่วนของจำนวนครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก
ไม่ใช่
ไม่ใช่
ครบทุกระดับนัยสำคัญ
ใช่
ครบทุกขนาดตัวอย่าง
ใช่
ครบทุกพารามิเตอร์
ใช่
สิ้นสุด

3.3.2 ขั้นตอนของโปรแกรมในส่วนการคำนวณอำนาจการทดสอบของตัวสถิติ




3
2
1
4
5
ไม่ใช่
ทำซ้ำจนครบจำนวนรอบ
ใช่
ไม่ใช่
คำนวณอำนาจการทดสอบ
ของแต่ละสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี โดยจากสัดส่วนของจำนวน
ครั้งที่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก
ไม่ใช่
ไม่ใช่
ครบทุกระดับนัยสำคัญ
ใช่
ครบทุกขนาดตัวอย่าง
ใช่
ครบทุกพารามิเตอร์
ใช่
สิ้นสุด

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบที่ใช้การทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 3 ตัวโดยสถิติทดสอบที่เลือกมาทำการศึกษา ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ LF และตัวสถิติทดสอบ SW

โดยสร้างข้อมูลภายใต้การแจกแจงแบบต่างๆ ทั้งหมด 3 การแจกแจง ประกอบด้วยการแจกแจงแบบปกติ การทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงปกติที่มีพารามิเตอร์ $\left(\mu,\sigma^2\right)$ เป็น (5,9) (5,25) และ (5,100) การแจกแจงแกมมา การทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,3) (1,3) และ (4,2) และการแจกแจงแบบที การทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความอิสระ ν เท่ากับ 3 10 และ 100 กำหนดขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษามี 5 ขนาด คือ 10 20 30 50 และ 100 กำหนดระดับระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.1 ในแต่ละสถานการณ์ทำการจำลองข้อมูลจากโปรแกรม R เวอร์ชัน 3.1.1 จำนวน 5,000 ครั้ง แล้วทำการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวที่ทำการศึกษา

การเสนอผลวิจัยทำโดยการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยที่เปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ Cochran และ Bradley จากนั้นทำการพิจารณาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่ทำการศึกษาเฉพาะที่สามารถควบคุมความน่าเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้นซึ่งจะนำเสนอในรูปของตารางและกราฟเพื่อสะดวกในการอธิบายผล โดยใช้สัญลักษณ์แทนความหมายดังนี้

KS แทน สถิติทดสอบโคลโมโกลอฟ-สเมอร์นอฟ

LF แทน สถิติทดสอบลิลลิฟอร์

SW แทน สถิติทดสอบชาพิโรวิลค์

4.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ในการวิจัยครั้งนี้หากพบตัวสถิติทดสอบใดมีค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้แก่

<u>เกณฑ์ของ Cochran</u>

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.007,0.015] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.04,0.06] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.08,0.12] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จะสรุปได้ว่าสถิตินั้นควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

<u>เกณฑ์ของ Bradley</u>

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.005,0.015] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.025,0.075] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองอยู่ในช่วง [0.05,0.15] สำหรับการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จะสรุปได้ว่าสถิตินั้นควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

4.1.1 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1
ของตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW จากข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีพารามิเตอร์ (μ, σ^2) คือ (5,9) แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวเมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจง N(5,9) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

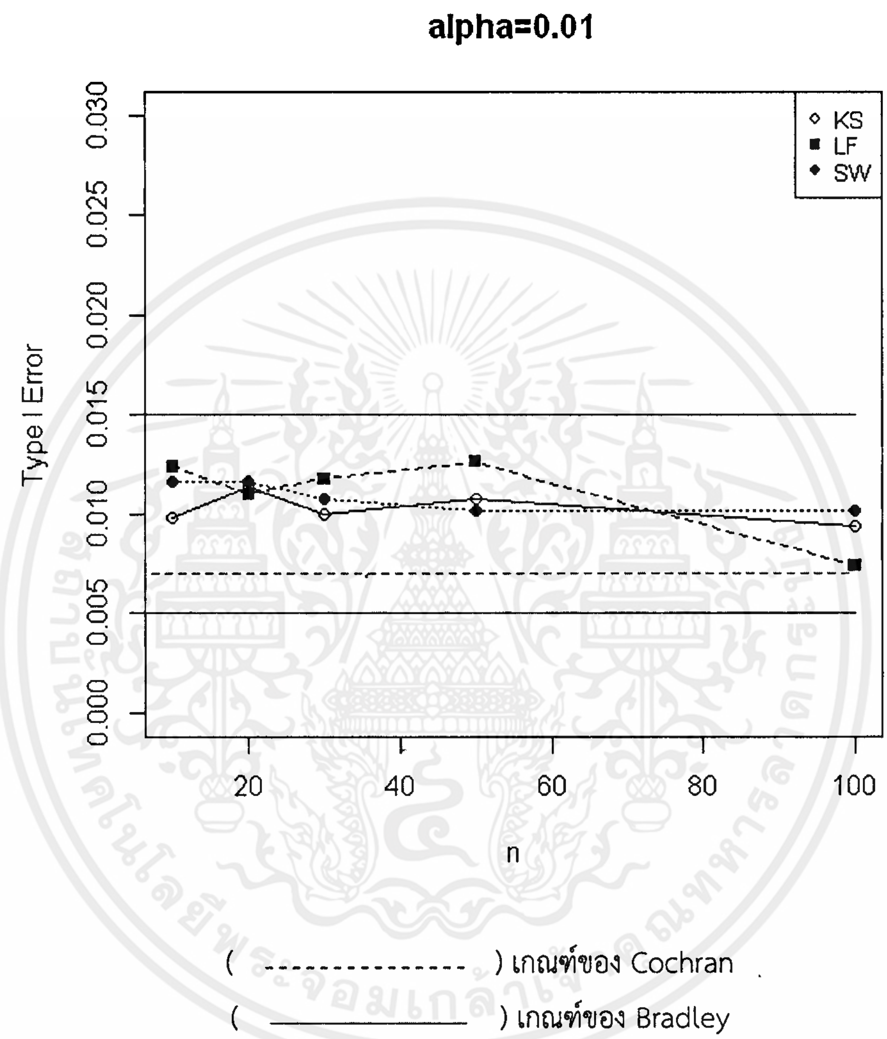
การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่1 ของสถิติทดสอบ		
			KS	LF	SW
N(5,9)	10	0.01	0.0098***	0.0124***	0.0116***
		0.05	0.0488***	0.0452***	0.0466***
		0.1	0.098***	0.0958***	0.0938***
	20	0.01	0.0114***	0.011***	0.0116***
		0.05	0.0508***	0.0472***	0.0518***
		0.1	0.0916***	0.0848***	0.0912***
	30	0.01	0.01***	0.0118***	0.0108***
		0.05	0.0456***	0.0478***	0.0496***
		0.1	0.0938***	0.0944***	0.1008***
	50	0.01	0.0108***	0.0126***	0.0102***
		0.05	0.0474***	0.0524***	0.056***
		0.1	0.1042***	0.0992***	0.1014***
	100	0.01	0.0094***	0.0074***	0.0102***
		0.05	0.0438***	0.0462***	0.0538***
		0.1	0.0964***	0.1016***	0.0964***

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Cochran

** หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

*** หมายถึง ผ่านทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley

รายละเอียดของค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,9) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 1 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.1-4.3 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,9) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.1 ตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด ทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่าง 10 สถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด ส่วนที่ขนาดตัวอย่าง 20 พบว่าสถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่าง 30 สถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด ส่วนที่ขนาดตัวอย่าง 50 พบว่าสถิติทดสอบ SW มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด และที่ขนาดตัวอย่าง 100 พบว่าสถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

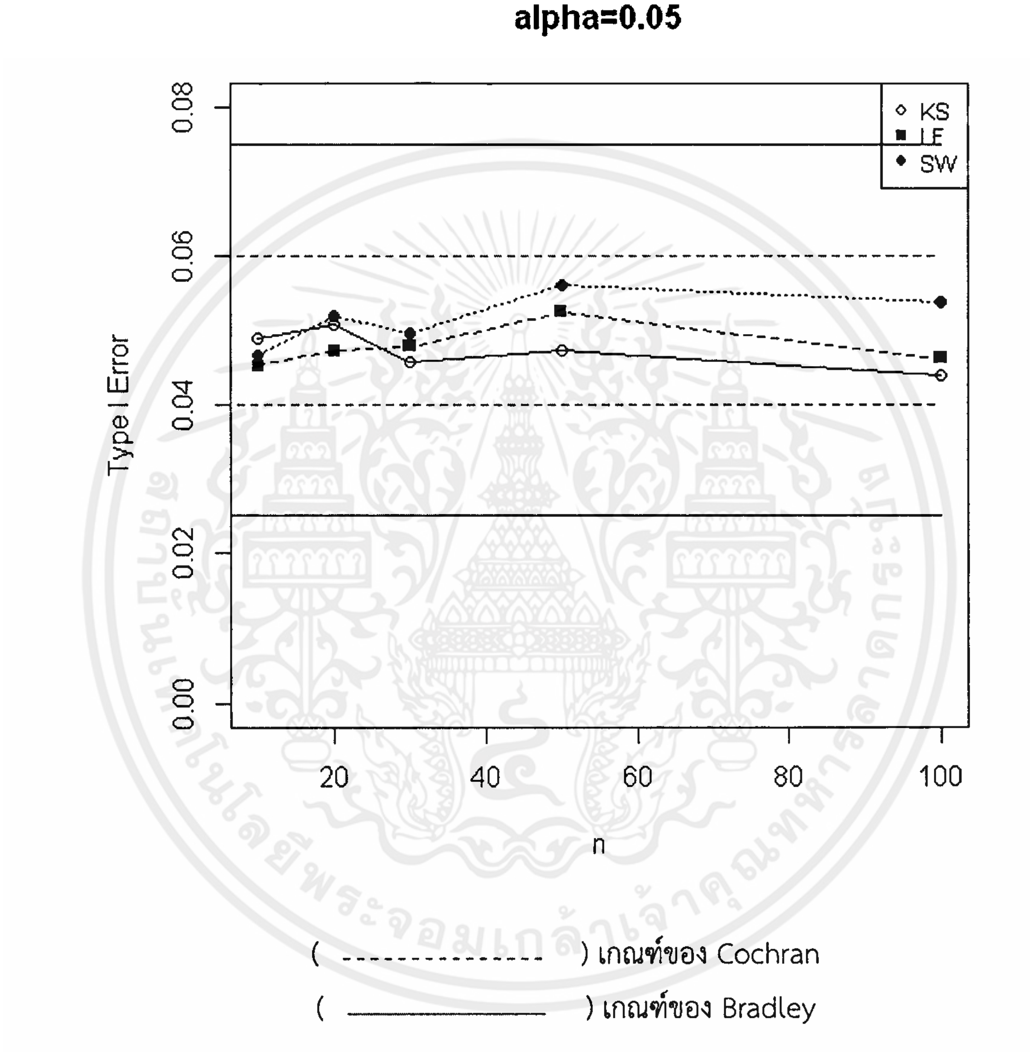
พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และความแปรปรวนเท่ากับ 9 พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะน้อย แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะน้อย แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นจากขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 เป็น 100 จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะน้อย แต่

เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 4.2 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,9) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.2 ตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด ทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยสถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

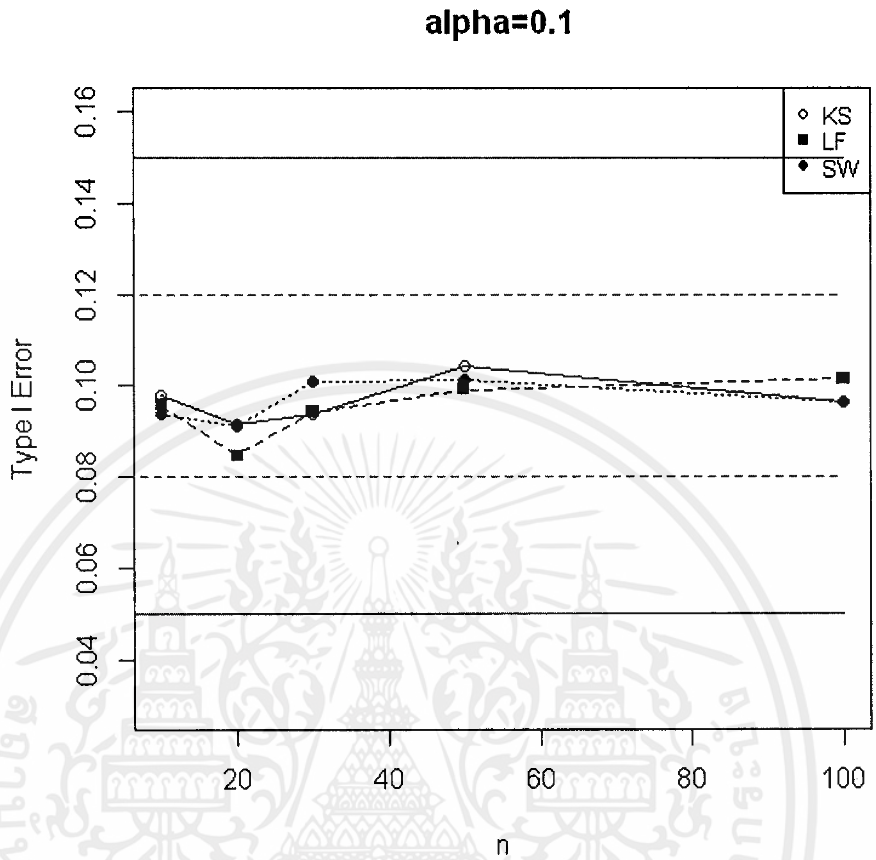
พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยสถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และความแปรปรวนเท่ากับ 9 พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นจากขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 เป็น 100 จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น แต่จะดีที่สุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะลดลง และพบว่าจะดีที่สุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก



(----------------) เกณฑ์ของ Cochran

(________________) เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.3 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,9) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.3 ตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด ทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่าง 10 สถิติทดสอบ SW มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด ส่วนที่ขนาดตัวอย่าง 20 พบว่าสถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่าง 30 สถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด ส่วนที่ขนาดตัวอย่าง 50 พบว่าสถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด และที่ขนาดตัวอย่าง 100 พบว่าสถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และความแปรปรวนเท่ากับ 9 พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น และจะลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 50 เป็น 100 แต่จะดีที่สุดเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยเมื่อขนาดตัวอย่างลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะลดลงและหลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น

4.1.2 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ของตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW จากข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,25) แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวเมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจง N(5,25) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

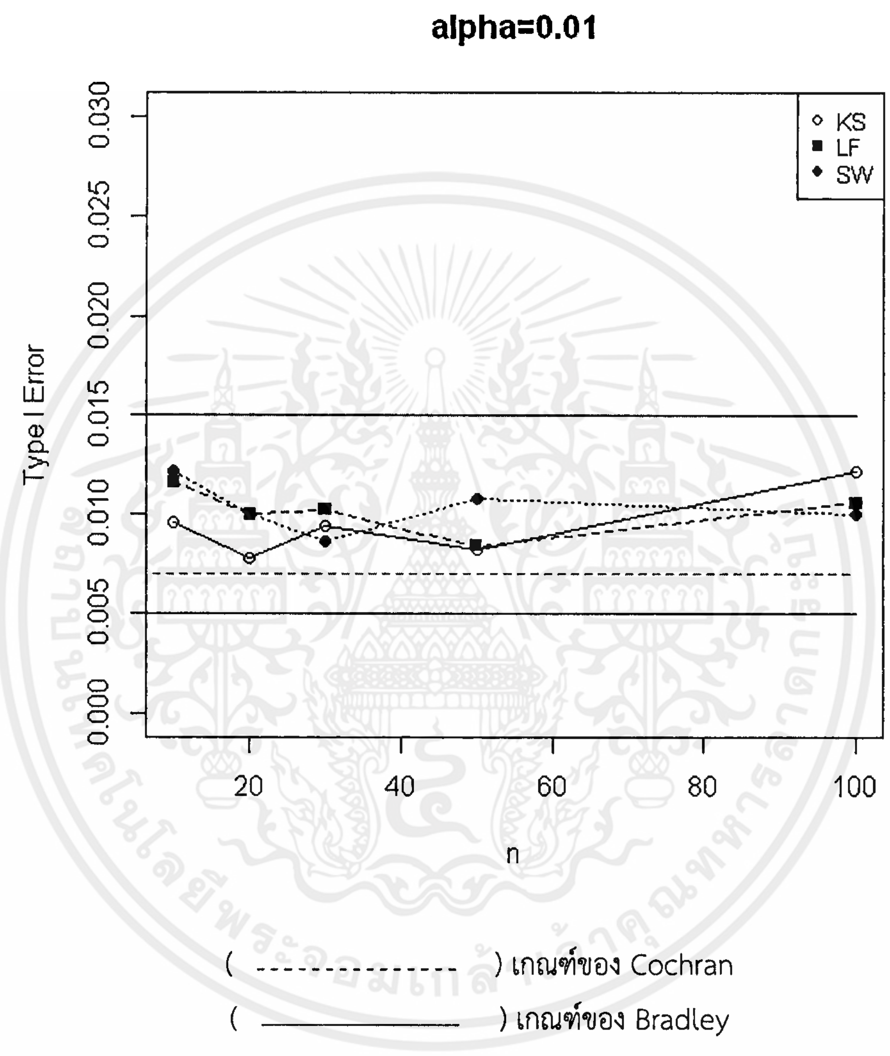
การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่1 ของสถิติทดสอบ		
			KS	LF	SW
N(5,25)	10	0.01	0.0096***	0.0116***	0.0122***
		0.05	0.056***	0.0498***	0.0472***
		0.1	0.0996***	0.1***	0.099***
	20	0.01	0.0078***	0.01***	0.01***
		0.05	0.0534***	0.052***	0.0504***
		0.1	0.0972***	0.087***	0.095***
	30	0.01	0.0094***	0.0102***	0.0086***
		0.05	0.049***	0.0498***	0.0512***
		0.1	0.1022***	0.0948***	0.098***
	50	0.01	0.0082***	0.0084***	0.0108***
		0.05	0.048***	0.0494***	0.0502***
		0.1	0.0982***	0.0986***	0.0972***
	100	0.01	0.0122***	0.0106***	0.01***
		0.05	0.0438***	0.0458***	0.0452***
		0.1	0.0936***	0.112***	0.1068***

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Cochran

** หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

*** หมายถึง ผ่านทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley

รายละเอียดของค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,25) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 2 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.4-4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,25) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.4 ตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด ทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยสถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

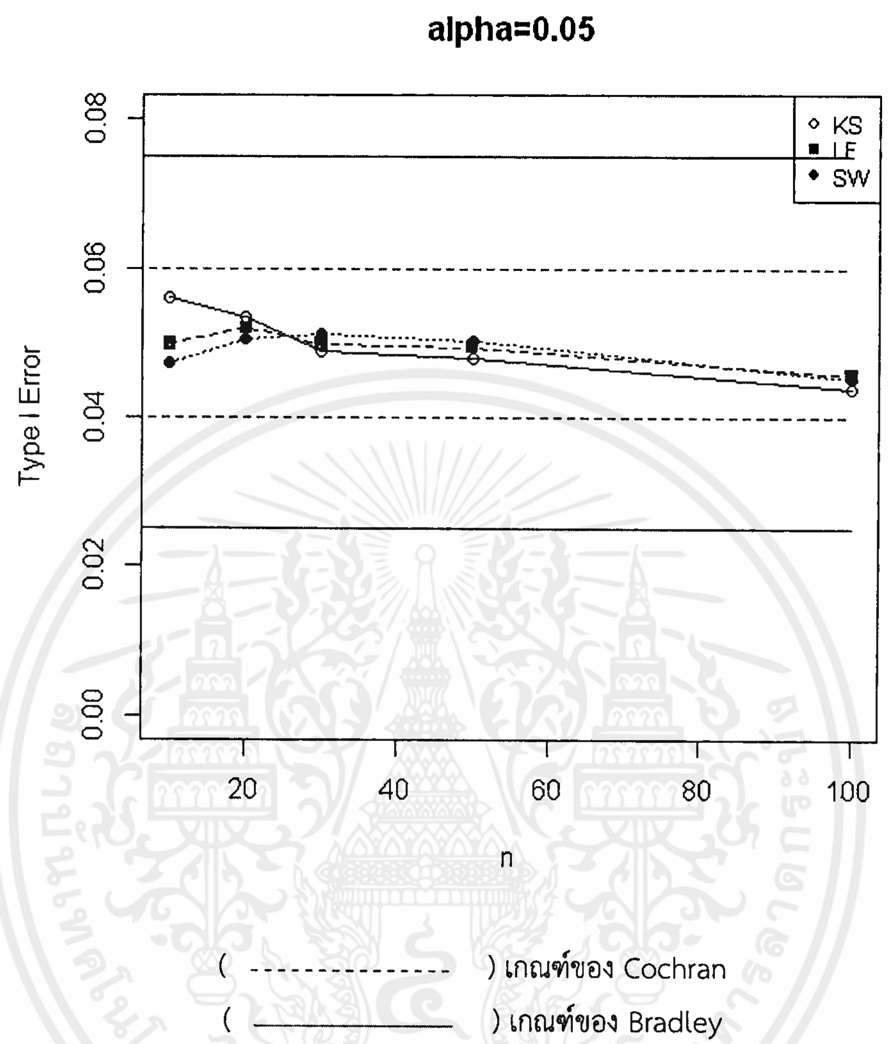
พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่าง 30 สถิติทดสอบ SW มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด ส่วนที่ขนาดตัวอย่าง 50 พบว่าสถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด และที่ขนาดตัวอย่าง 100 พบว่าสถิติทดสอบ SW มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะมีค่าน้อยเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก และความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่โดยเปลี่ยนจาก 50 เป็น 100

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณีและพบว่าค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยที่สุดที่ขนาดตัวอย่าง 50

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 4.5 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,25) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.5 ตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด ทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยสถิติทดสอบ SW มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

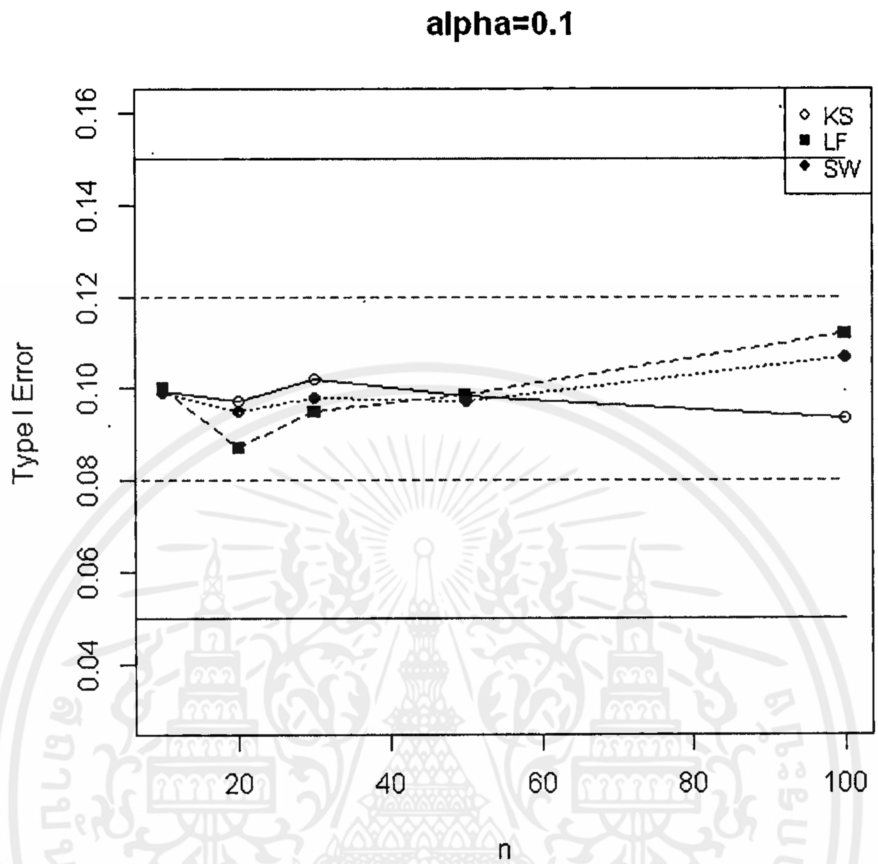
พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยสถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างเล็กความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะน้อย แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างเล็กความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะน้อย แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นจากขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 เป็น 100 จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น



(- - - - - - - -) เกณฑ์ของ Cochran

(————) เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.6 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,25) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.6 ตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด ทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่าง 10 สถิติทดสอบ SW มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด ส่วนที่ขนาดตัวอย่าง 20 พบว่าสถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่าง 30 สถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด ส่วนที่ขนาดตัวอย่าง 50 พบว่าสถิติทดสอบ SW มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด และที่ขนาดตัวอย่าง 100 พบว่าสถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และความแปรปรวนเท่ากับ 25 พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างเล็กความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะน้อย แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างเล็กความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะดี แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นความสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะลดลง

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างเล็กความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะดี แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นความสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะลดลง

4.1.3 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ของตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW จากข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,100) แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวเมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจง N(5,100) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

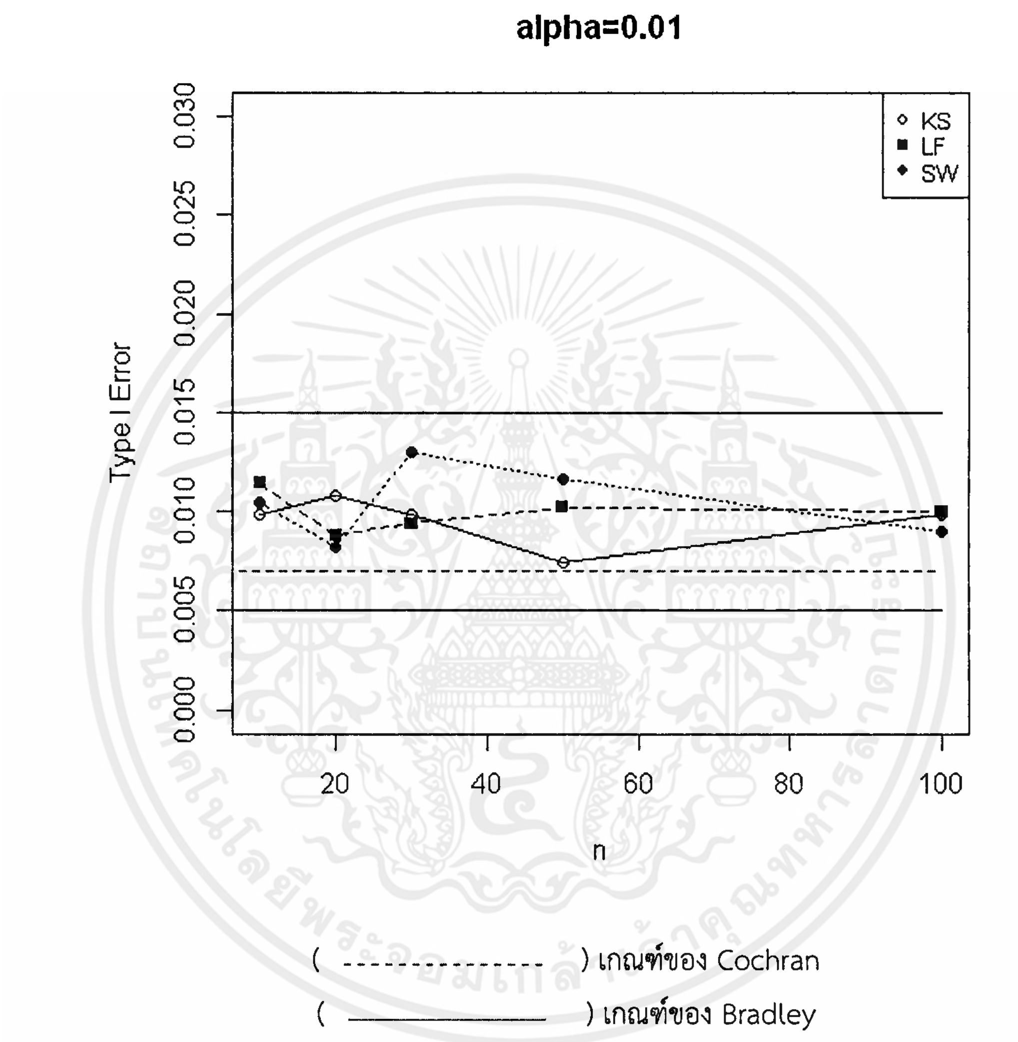
การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่1 ของสถิติทดสอบ		
			KS	LF	SW
N(5,100)	10	0.01	0.0098***	0.0114***	0.0104***
		0.05	0.05***	0.043***	0.0478***
		0.1	0.0984***	0.0922***	0.0922***
	20	0.01	0.0108***	0.0088***	0.0082***
		0.05	0.0474***	0.0416***	0.0434***
		0.1	0.101***	0.0984***	0.1054***
	30	0.01	0.0098***	0.0094***	0.013***
		0.05	0.0492***	0.0506***	0.0482***
		0.1	0.1014***	0.1008***	0.1068***
	50	0.01	0.0074***	0.0102***	0.0116***
		0.05	0.0526***	0.0522***	0.0524***
		0.1	0.0908***	0.1012***	0.0986***
	100	0.01	0.0098***	0.01***	0.009***
		0.05	0.045***	0.0508***	0.0472***
		0.1	0.0888***	0.1046***	0.1032***

* หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Cochran

** หมายถึง ผ่านเกณฑ์ของ Bradley

*** หมายถึง ผ่านทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley

รายละเอียดของค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,100) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 3 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.7-4.9 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,100) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากรูปที่ 4.7 ตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด ทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่าง 10 สถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด ส่วนที่ขนาดตัวอย่าง 20 พบว่าสถิติทดสอบ SW มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด

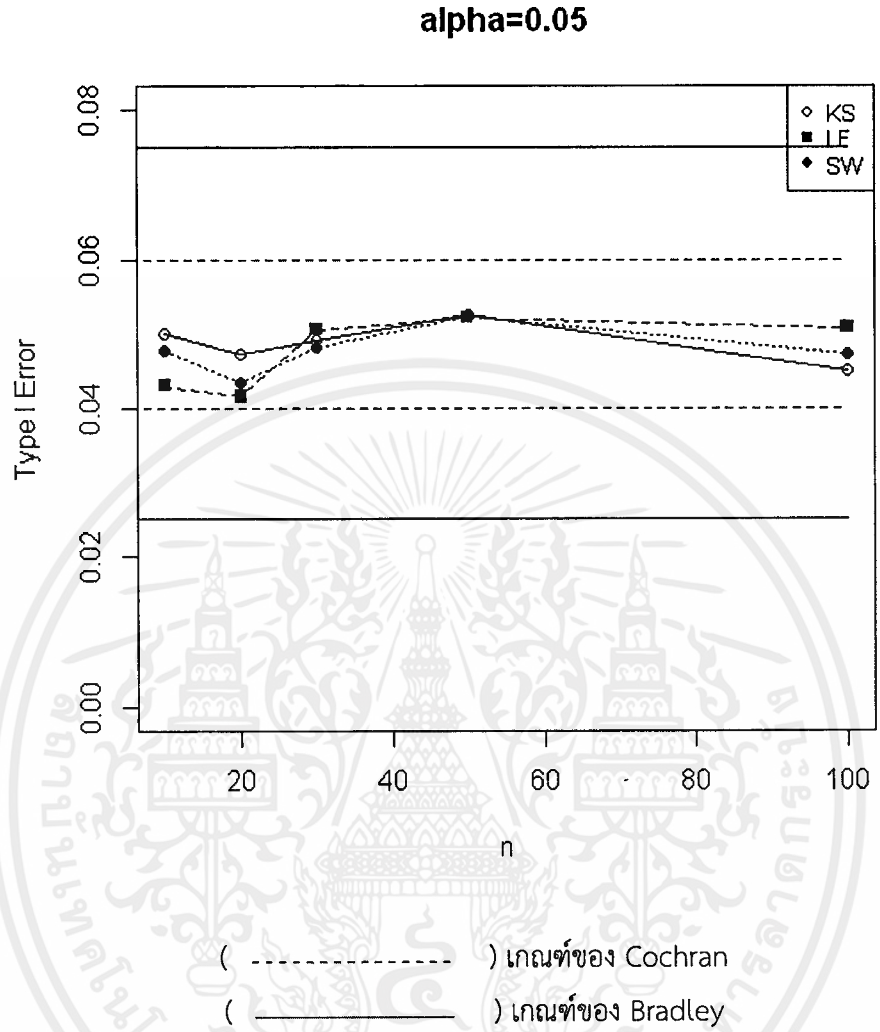
พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่าง 30 สถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด ส่วนที่ขนาดตัวอย่าง 50 พบว่าสถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด และที่ขนาดตัวอย่าง 100 พบว่าสถิติทดสอบ SW มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี และพบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 จะมีค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็กความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะดีที่สุด แต่เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้นพบความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะลดลง

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะดีที่สุดที่ตัวอย่างขนาด 20 และจะค่อยๆลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.8 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,100) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4.8 ตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด ทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยสถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

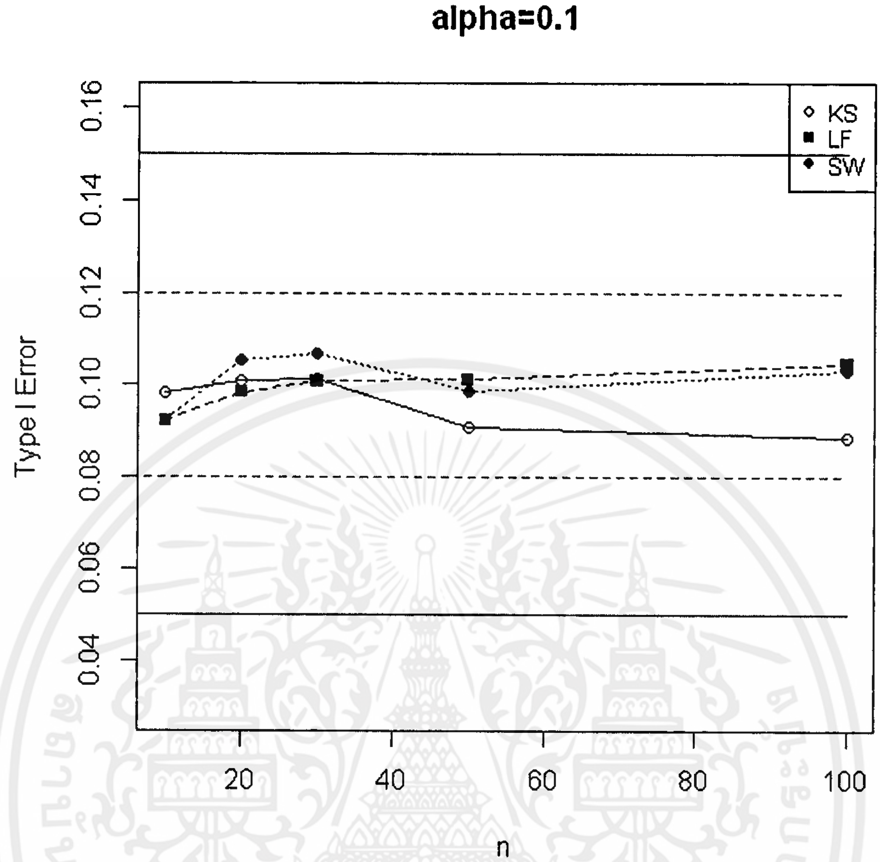
พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่าง 30 สถิติทดสอบ SW มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด ส่วนที่ขนาดตัวอย่าง 50 พบว่าสถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด และที่ขนาดตัวอย่าง 100 พบว่าสถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นจากขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 เป็น 100 จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็กความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะดีที่สุด แต่เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้นพบความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะลดลง

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็กความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะดี แต่เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้นพบความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะลดลง



(- - - - - - - - - - -) เกณฑ์ของ Cochran

(――――――) เกณฑ์ของ Bradley

รูปที่ 4.9 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) คือ (5,100) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

จากรูปที่ 4.9 ตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด ทั้งผ่านเกณฑ์ของ Cochran และเกณฑ์ของ Bradley ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี โดยสถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ KS LF และ SW สามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่าง 30 สถิติทดสอบ LF มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด ส่วนที่ขนาดตัวอย่าง 50 และ 100 พบว่าสถิติทดสอบ KS มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ดีที่สุด

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และความแปรปรวนเท่ากับ 100 พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างเล็กความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะน้อย แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดียิ่งขึ้น

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะลดลง

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกกรณี เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น ความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะลดลง

ผลการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญสามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยแต่ละตัวสถิติทดสอบได้ดังนี้

1. ตัวสถิติทดสอบ KS พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี และเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1จะยิ่งดีมากยิ่งขึ้น และควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุดเกือบทุกกรณีเมื่อเทียบกับตัวสถิติทดสอบตัวอื่นๆ

2. ตัวสถิติทดสอบ LF พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี และเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็กความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะดีกว่าเมื่อเทียบกับความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

3. ตัวสถิติทดสอบ SW พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี และเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็กความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะดีกว่าเมื่อเทียบกับความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

4.2 การเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบต่างๆ

ในการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของแต่ละตัวสถิติทดสอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของข้อมูล ซึ่งในการวิจัยนี้สนใจในสถิติทดสอบ KS LF และ SW เป็นการเปรียบเทียบโดยที่พิจารณาเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น โดยที่ในการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบในงานวิจัยนี้สามารถสามารถหาได้จากประชากรที่มีการแจกแจง 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,3) (1,3) และ (4,2)

2. การแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความอิสระ v เท่ากับ 3 10 และ 100

4.2.1 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ KS LF และ SW

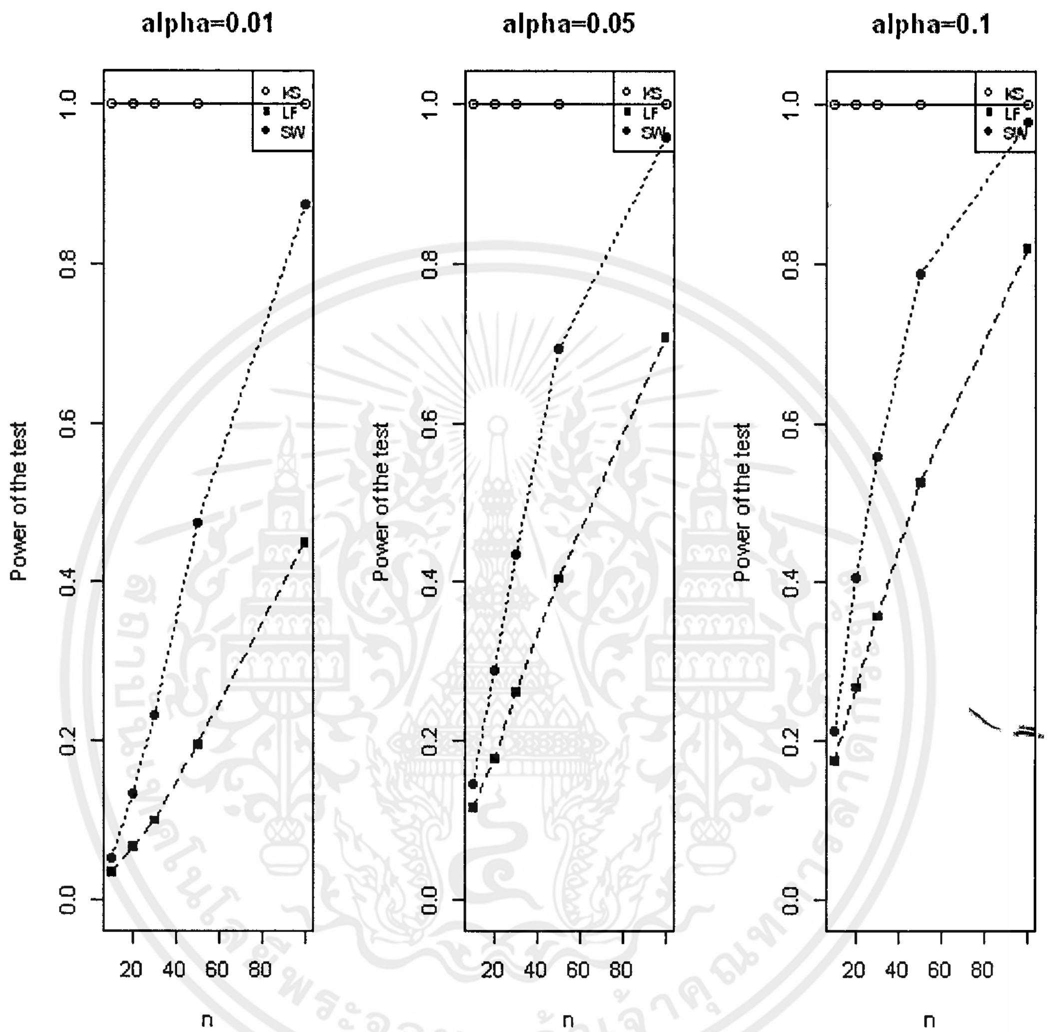
กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,3) แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าประมาณของอำนาจการทดสอบ ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวเมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจง Gamma(4,3) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ		
			KS	LF	SW
Gamma(4,3)	10	0.01	1*	0.0322	0.0518
		0.05	1*	0.1148	0.146
		0.1	1*	0.1734	0.2118
	20	0.01	1*	0.0654	0.133
		0.05	1*	0.1754	0.2886
		0.1	1*	0.266	0.4032
	30	0.01	1*	0.098	0.2318
		0.05	1*	0.2602	0.433
		0.1	1*	0.355	0.5568
	50	0.01	1*	0.1936	0.474
		0.05	1*	0.4018	0.692
		0.1	1*	0.524	0.7862
	100	0.01	1*	0.4482	0.8738
		0.05	1*	0.7068	0.956
		0.1	1*	0.818	0.9768

* หมายถึง ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดของค่าอำนาจทดสอบภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,3) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 4 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงค่าอำนาจทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,3) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

จากรูปที่ 4.10 สามารถแปลผลตามขนาดตัวอย่าง และแปลผลตามสถิติทดสอบได้ดังนี้

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\alpha\beta = 4\times 3 = 12$ และความแปรปรวนเท่ากับ $\alpha\beta^2 = 4\times 3^2 = 36$ พบว่าขนาดตัวอย่างไม่ว่าจะเล็กหรือใหญ่มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

4.2.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ KS LF และ SW

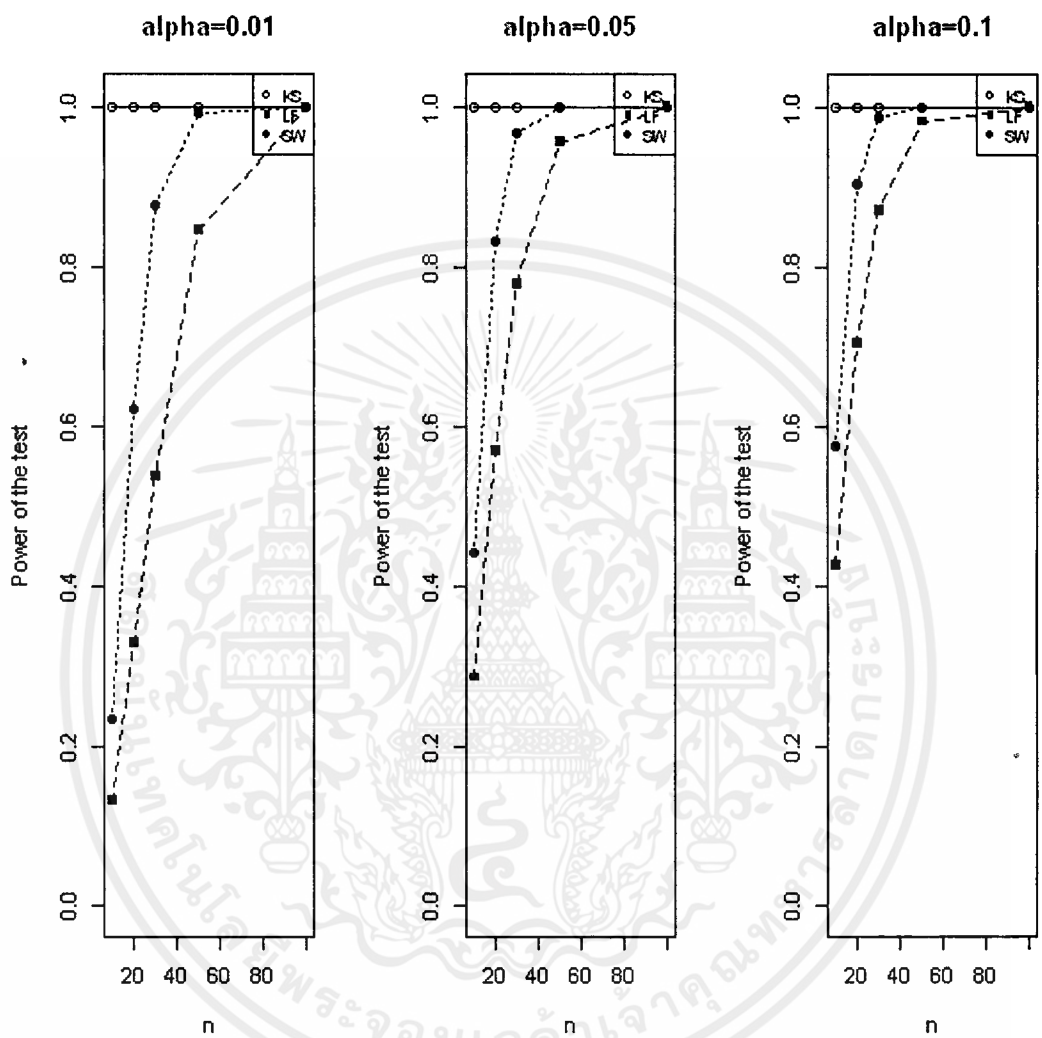
กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (1,3) แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4.5 ค่าประมาณของอำนาจการทดสอบ ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวเมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจง Gamma(1,3) หรือ Exponential(3) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ		
			KS	LF	SW
Gamma(1,3)	10	0.01	1*	0.1304	0.233
		0.05	1*	0.2856	0.4412
		0.1	1*	0.4256	0.5756
	20	0.01	1*	0.328	0.6216
		0.05	1*	0.5684	0.8318
		0.1	1*	0.7046	0.9034
	30	0.01	1*	0.5358	0.8768
		0.05	1*	0.7788	0.968
		0.1	1*	0.8698	0.9876
	50	0.01	1*	0.8446	0.9926
		0.05	1*	0.9552	0.999
		0.1	1*	0.9818	1*
	100	0.01	1*	0.9984	1*
		0.05	1*	1*	1*
		0.1	1*	1*	1*

* หมายถึง ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดของค่าอำนาจทดสอบภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,3) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 5 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงค่าอำนาจทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (1,3) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

จากรูปที่ 4.11 สามารถแปลผลตามขนาดตัวอย่าง และแปลผลตามสถิติทดสอบได้ดังนี้

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง 30 ตัวสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 ที่ขนาดตัวอย่าง 50 ตัวสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 นอกจากนี้ยังมีสถิติทดสอบ SW ที่มีอำนาจการทดสอบสูงเทียบเท่า KS ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 และที่ขนาดตัวอย่าง 100 ตัวสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 นอกจากนี้ยังมีสถิติทดสอบ SW ที่มีอำนาจการทดสอบสูงเทียบเท่า KS ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 สถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวมีอำนาจการทดสอบสูงสุดเท่ากัน

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\alpha\beta = 1\times 3 = 3$ และความแปรปรวนเท่ากับ $\alpha\beta^2 = 1\times 3^2 = 9$ พบว่าขนาดตัวอย่างไม่ว่าจะเล็กหรือใหญ่มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

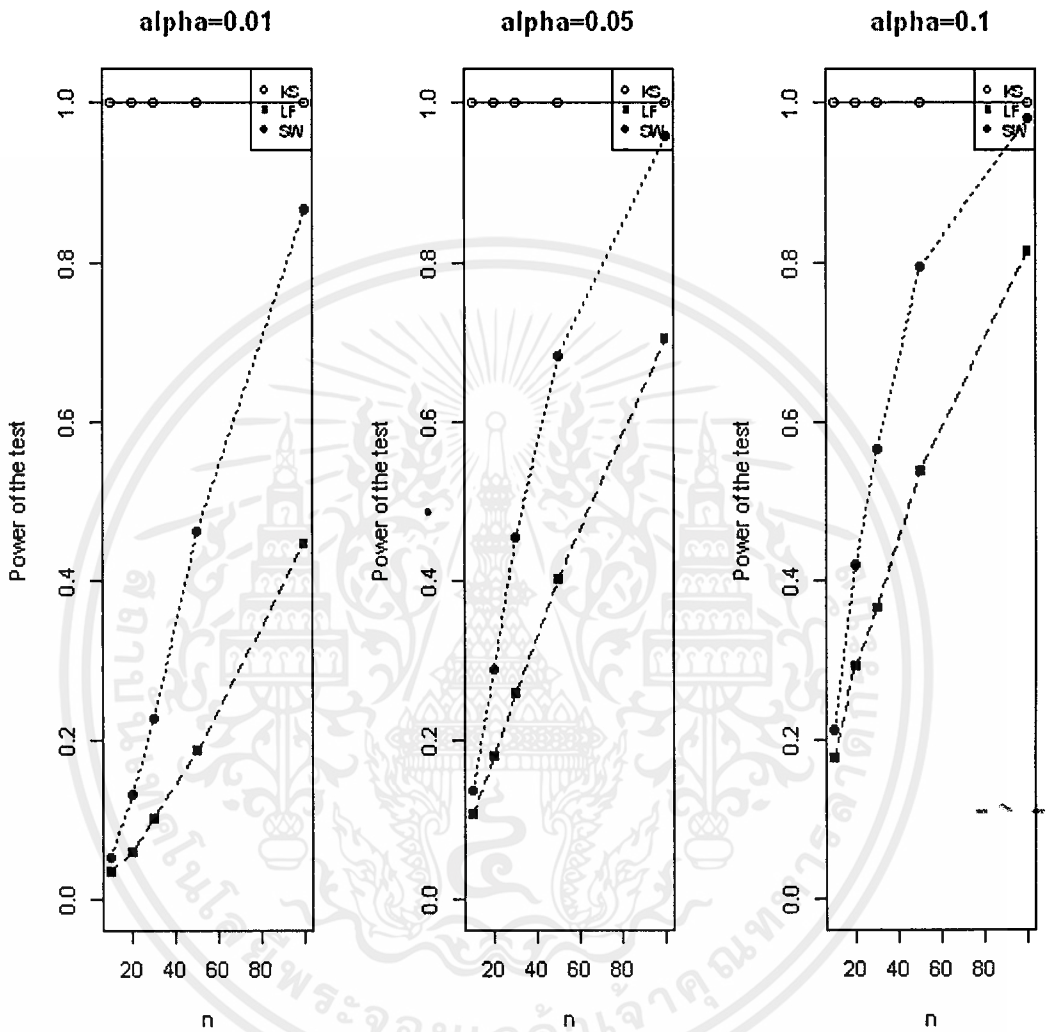
4.2.3 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ KS LF และ SW
กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,2) แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าประมาณของอำนาจการทดสอบ ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวเมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจง Gamma(4,2) หรือ Chi-square(8) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ		
			KS	LF	SW
Gamma(4,2)	10	0.01	1*	0.0332	0.0522
		0.05	1*	0.1044	0.135
		0.1	1*	0.176	0.2116
	20	0.01	1*	0.058	0.1294
		0.05	1*	0.1776	0.288
		0.1	1*	0.2918	0.4194
	30	0.01	1*	0.0994	0.2266
		0.05	1*	0.2564	0.4534
		0.1	1*	0.3646	0.565
	50	0.01	1*	0.1852	0.4602
		0.05	1*	0.4006	0.6828
		0.1	1*	0.537	0.7944
	100	0.01	1*	0.445	0.8646
		0.05	1*	0.704	0.9584
		0.1	1*	0.813	0.9806

* หมายถึง ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดของค่าอำนาจทดสอบภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 6 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงค่าอำนาจทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

จากรูปที่ 4.12 สามารถแปลผลตามขนาดตัวอย่าง และแปลผลตามสถิติทดสอบได้ดังนี้

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\alpha\beta = 4 \times 2 = 8$ และความแปรปรวนเท่ากับ $\alpha\beta^2 = 4 \times 2^2 = 16$ พบว่าขนาดตัวอย่างไม่ว่าจะเล็กหรือใหญ่มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

ผลการพิจารณาอำนาจการทดสอบ ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ โดยจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบแกมมาที่พารามิเตอร์ต่าง สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยแต่ละตัวสถิติทดสอบได้ดังนี้

1. ตัวสถิติทดสอบ KS พบว่ามีอำนาจการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในทุกกรณีเมื่อเทียบกับตัวสถิติทดสอบตัวอื่นๆ

2. ตัวสถิติทดสอบ LF พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ค่าอำนาจการทดสอบทางสถิติจะสูงกว่าเมื่อเทียบกับอำนาจการทดสอบเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก

3. ตัวสถิติทดสอบ SW พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ค่าอำนาจการทดสอบทางสถิติจะสูงกว่าเมื่อเทียบกับอำนาจการทดสอบเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก

4.2.4 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ KS LF และ SW

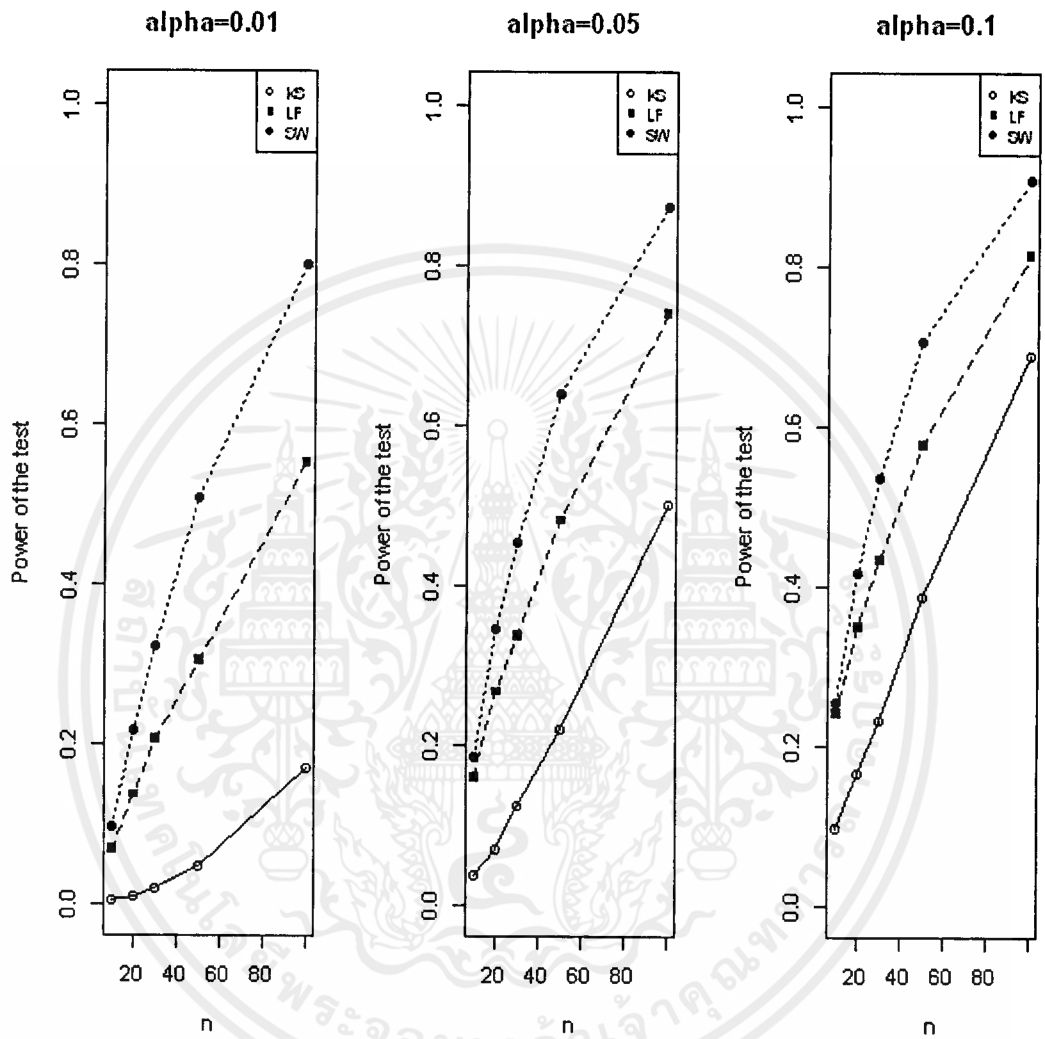
กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ ν คือ 3 แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าประมาณของอำนาจการทดสอบ ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวเมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจง T(3) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ		
			KS	LF	SW
T(3)	10	0.01	0.0036	0.0666	0.0962*
		0.05	0.0374	0.1592	0.1844*
		0.1	0.0946	0.2394	0.2536*
	20	0.01	0.008	0.135	0.2156*
		0.05	0.068	0.2656	0.345*
		0.1	0.1634	0.3486	0.4158*
	30	0.01	0.018	0.2052	0.3226*
		0.05	0.1236	0.337	0.4536*
		0.1	0.232	0.4324	0.5358*
	50	0.01	0.0466	0.3038	0.5068*
		0.05	0.2198	0.4804	0.6384*
		0.1	0.3872	0.5766	0.705*
	100	0.01	0.1686	0.5516	0.8002*
		0.05	0.4994	0.7384	0.8742*
		0.1	0.687	0.8122	0.9084*

* หมายถึง ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดของค่าอำนาจทดสอบภายใต้การแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ ν คือ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 7 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แสดงค่าอำนาจทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวภายใต้การแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ ν คือ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

จากรูปที่ 4.13 สามารถแปลผลตามขนาดตัวอย่าง และแปลผลตามสถิติทดสอบได้ดังนี้

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ SW มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ SW มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ $\nu/(\nu-2)=3/(3-2)=3$ พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น และพบว่าสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงเป็นอันดับที่ 3 ของสถิติทดสอบทั้ง 3 ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น และพบว่าสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงเป็นอันดับที่ 2 ของสถิติทดสอบทั้ง 3 ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น และพบว่าสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงเป็นอันดับที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 3 ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

4.2.5 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ KS LF และ SW

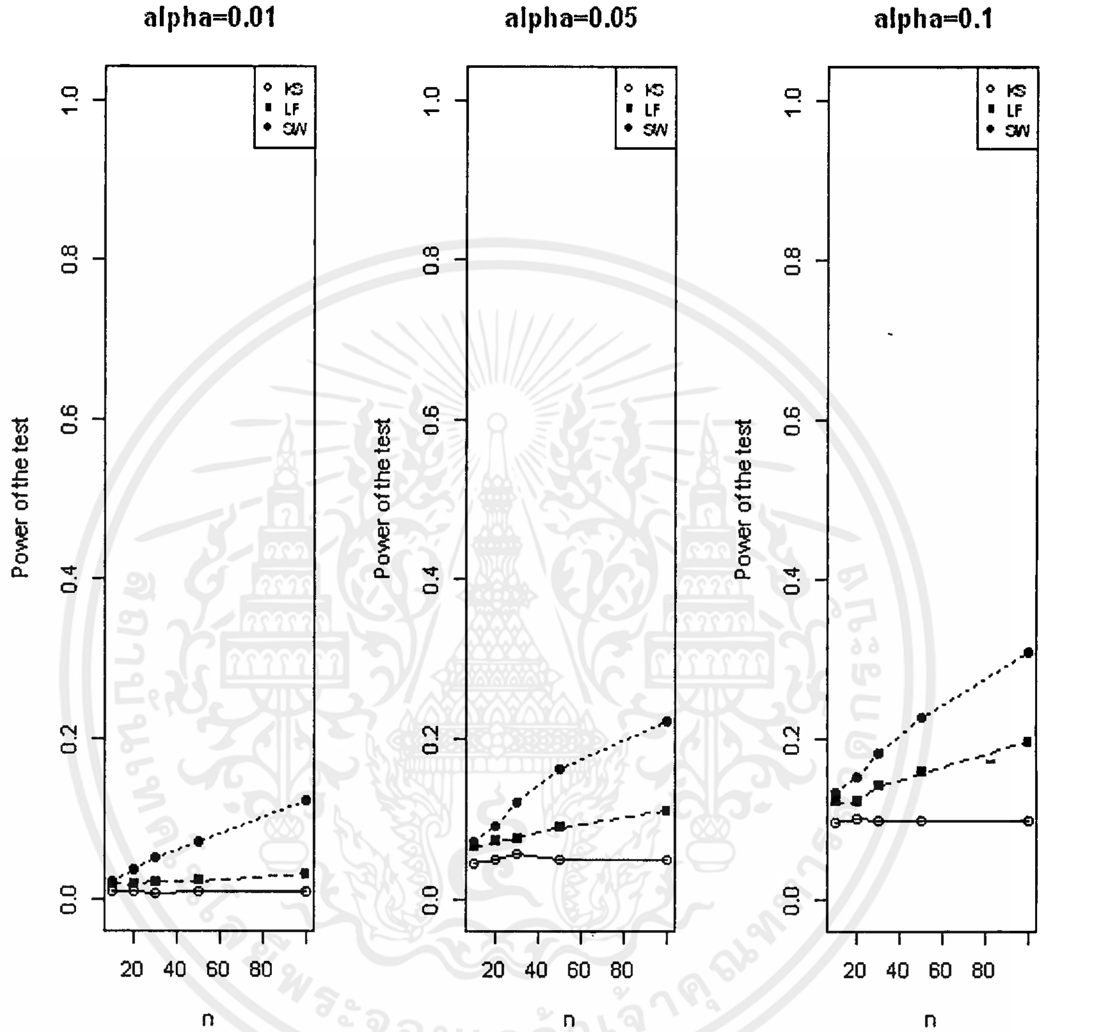
กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ ν คือ 10 แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าประมาณของอำนาจการทดสอบ ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวเมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจง T(10) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ		
			KS	LF	SW
T(10)	10	0.01	0.0092	0.0178	0.0226*
		0.05	0.044	0.0636	0.0718*
		0.1	0.0962	0.1208	0.133*
	20	0.01	0.0088	0.0168	0.0358*
		0.05	0.0484	0.0718	0.0908*
		0.1	0.0994	0.1212	0.1534*
	30	0.01	0.0058	0.0204	0.0516*
		0.05	0.0548	0.075	0.1214*
		0.1	0.099	0.1408	0.181*
	50	0.01	0.0082	0.0218	0.0708*
		0.05	0.0478	0.0884	0.1612*
		0.1	0.0986	0.1578	0.2264*
	100	0.01	0.008	0.0306	0.122*
		0.05	0.0488	0.1098	0.222*
		0.1	0.097	0.1962	0.3076*

* หมายถึง ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดของค่าอำนาจทดสอบภายใต้การแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ ν คือ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 8 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แสดงค่าอำนาจทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวภายใต้การแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ ν คือ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

จากรูปที่ 4.14 สามารถแปลผลตามขนาดตัวอย่าง และแปลผลตามสถิติทดสอบได้ดังนี้

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าสถิติทดสอบ SW มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าสถิติทดสอบ SW มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ $\nu/(\nu-2)=10/(10-2)=1.25$ พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น และพบว่าสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงเป็นอันดับที่ 3 ของสถิติทดสอบทั้ง 3 ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากสถิติทดสอบ LF พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น และพบว่าสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงเป็นอันดับที่ 2 ของสถิติทดสอบทั้ง 3 ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาจากสถิติทดสอบ SW พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น อำนาจการทดสอบจะมีมากขึ้น และพบว่าสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงเป็นอันดับที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 3 ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

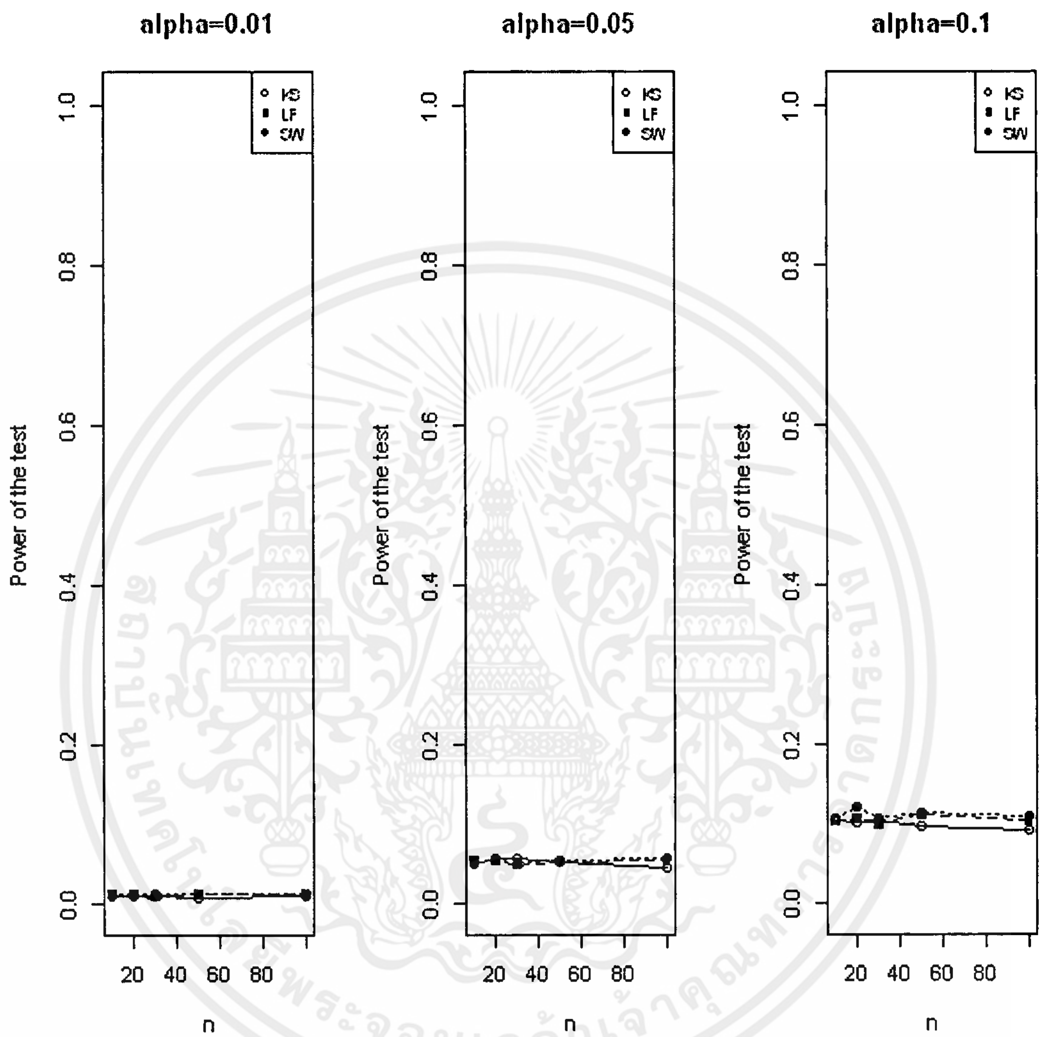
4.2.6 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ KS LF และ SW
กรณีข้อมูลที่มีการแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ v คือ 100 แสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าประมาณของอำนาจการทดสอบ ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวเมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจง T(100) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	ค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ		
			KS	LF	SW
T(100)	10	0.01	0.0098	0.0094	0.0118*
		0.05	0.0498	0.052*	0.0518
		0.1	0.1032	0.1012	0.1044*
	20	0.01	0.009	0.0102	0.0116*
		0.05	0.0554*	0.0532	0.0524
		0.1	0.0998	0.1042	0.121*
	30	0.01	0.0096	0.0076	0.0106*
		0.05	0.0548*	0.0472	0.0514
		0.1	0.1032	0.0974	0.1056*
	50	0.01	0.0072	0.0104	0.0124*
		0.05	0.0522	0.0512	0.0542*
		0.1	0.0962	0.1092	0.1116*
	100	0.01	0.0088	0.0108	0.0122*
		0.05	0.0428	0.0532	0.0568*
		0.1	0.0898	0.1022	0.1086*

* หมายถึง ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบอื่นๆในกรณีหนึ่งๆ

รายละเอียดของค่าอำนาจทดสอบภายใต้การแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ ν คือ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 จากตารางที่ 9 สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงค่าอำนาจทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวภายใต้การแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ ν คือ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

จากรูปที่ 4.15 สามารถแปลผลตามขนาดตัวอย่าง และแปลผลตามสถิติทดสอบได้ดังนี้

พิจารณาตามขนาดตัวอย่าง

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างเล็ก (10 และ 20) พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง 10 สถิติทดสอบ SW มีอำนาจการทดสอบสูงสุดที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.1 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สถิติทดสอบ LF มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด และที่ขนาดตัวอย่าง 20 สถิติทดสอบ SW มีอำนาจการทดสอบสูงสุดที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.1 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด

พิจารณาจากขนาดตัวอย่างใหญ่ (30 50 และ 100) พบว่าที่ขนาดตัวอย่าง 30 สถิติทดสอบ SW มีอำนาจการทดสอบสูงสุดที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.1 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด และที่ขนาดตัวอย่าง 50 และ 100 สถิติทดสอบ SW มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบอื่นๆ ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

พิจารณาตามสถิติทดสอบ

พิจารณาจากสถิติทดสอบ KS ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ $v/(v-2)=100/(100-2)=1.02041$ สถิติทดสอบ LF และ SW พบว่าค่าอำนาจการทดสอบทางสถิติค่อนข้างน้อย และไม่ค่อยเห็นความแตกต่างกันของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1

ผลการพิจารณาอำนาจการทดสอบ ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ โดยจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบทีที่พารามิเตอร์ต่าง สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยแต่ละตัวสถิติทดสอบได้ดังนี้

1. ตัวสถิติทดสอบ KS พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ค่าอำนาจการทดสอบทางสถิติจะสูงกว่าเมื่อเทียบกับอำนาจการทดสอบเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก และมีอำนาจการทดสอบทางสถิติสูงเป็นอันดับ 3 เมื่อเทียบกับตัวสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระต่ำๆ

2. ตัวสถิติทดสอบ LF พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ค่าอำนาจการทดสอบทางสถิติจะสูงกว่าเมื่อเทียบกับอำนาจการทดสอบเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก และมีอำนาจการทดสอบทางสถิติสูงเป็นอันดับ 2 เมื่อเทียบกับตัวสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระต่ำๆ

3. ตัวสถิติทดสอบ SW พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ค่าอำนาจการทดสอบทางสถิติจะสูงกว่าเมื่อเทียบกับอำนาจการทดสอบเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก และมีอำนาจการทดสอบทางสถิติสูงเป็นอันดับ 1 เมื่อเทียบกับตัวสถิติทดสอบอื่นๆ ในกรณีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระต่ำๆ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบ 3 ตัว ที่ใช้ในการทดสอบการแบบปกติแจกแจงแบบปกติ โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว ประกอบด้วย โคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ(KS) ลิลลิฟอร์(LF) และชาพิโรวิลค์(SW) ประชากรที่ศึกษาประกอบด้วย ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ สำหรับการทดสอบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และประชากรที่ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ ในที่นี้ประกอบด้วย การแจกแจงแกมมาและการแจกแจงแบบที สำหรับการหาอำนาจการทดสอบทางสถิติ โดยแต่ละการแจกแจงมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆกัน ดังนี้ การแจกแจงแบบปกติจากการทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงปกติที่มีพารามิเตอร์ (μ,σ^2) เป็น (5,9) (5,25) และ (5,100) การแจกแจงแกมมาจากการทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,3) (1,3) และ (4,2) ในที่นี้การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (1,3) เป็นรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential(3) และที่การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,2) เป็นรูปแบบการแจกแจงแบบ Chi-square(8) การแจกแจงแบบทีจากการทำวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษารูปแบบของการแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความอิสระ v เท่ากับ 3 10 และ 100 กำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีทั้งหมด 5 กลุ่ม ดังนี้ ขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100 กำหนดระดับนัยสำคัญสำหรับการวิจัยครั้งนี้คือ 0.01 0.05 และ 0.1 ทำการจำลองข้อมูลด้วยโปรแกรม R เวอร์ชั่น 3.1.1 จากประชากรที่มีรูปแบบการแจกแจงดังกล่าว จำนวน 5,000 ครั้ง และทำการพิจารณาความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบทางสถิติ โดยสรุปผลที่ได้เป็นดังนี้

5.2 การควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 3 ตัว สามารถสรุปผลถึงตัวสถิติที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตัวสถิติที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ได้ เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	การแจกแจง		
		N(5,9)	N(5,25)	N(5,100)
10	0.01	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
	0.05	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
	0.1	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
20	0.01	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
	0.05	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
	0.1	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
30	0.01	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
	0.05	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
	0.1	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
50	0.01	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
	0.05	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
	0.1	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
100	0.01	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
	0.05	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW
	0.1	KS,LF,SW	KS,LF,SW	KS,LF,SW

KS หมายถึง สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov Test)
LF หมายถึง สถิติทดสอบลิลลิฟอร์ (The Lilliefors Test)
SW หมายถึง สถิติทดสอบชาพิโรวิลค์ (Shapiro-Wilk Test)

ผลการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ทุกขนาดตัวอย่าง และทุกระดับนัยสำคัญสามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยได้ว่าตัวสถิติทดสอบ KS LF และ SW พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี

5.3 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ 3 ตัว คือตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ LF และตัวสถิติทดสอบ SW แยกตามกลุ่มการแจกแจงแกมมาและการแจกแจงแบบที สามารถสรุปผลได้ดังนี้

กรณีการแจกแจงแกมมา เมื่อพิจารณาอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 3 ตัว สามารถสรุปผลถึงตัวสถิติที่มีอำนาจการทดสอบทางสถิติสูงที่สุด ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ตัวสถิติที่มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบแกมมาที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	การแจกแจง		
		G(4,3)	G(1,3)	G(4,2)
10	0.01	KS	KS	KS
	0.05	KS	KS	KS
	0.1	KS	KS	KS
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,SW	KS
100	0.01	KS	KS,SW	KS
	0.05	KS	KS,LF,SW	KS
	0.1	KS	KS,LF,SW	KS

KS หมายถึง สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov Test)
LF หมายถึง สถิติทดสอบลิลลิฟอร์ (The Lilliefors Test)
SW หมายถึง สถิติทดสอบชาพิโรวิลค์ (Shapiro-Wilk Test)

ผลการพิจารณาอำนาจการทดสอบ ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ โดยจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบแกมมาที่พารามิเตอร์ต่างๆ สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยแต่ละตัวสถิติทดสอบได้ดังนี้

1. ตัวสถิติทดสอบ KS พบว่ามีอำนาจการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในทุกกรณีเมื่อเทียบกับตัวสถิติทดสอบตัวอื่นๆ

2. ตัวสถิติทดสอบ LF พบว่ามีอำนาจการทดสอบสูงเทียบเท่ากับสถิติทดสอบ KS ในกรณีที่จำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (1,3) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1

3. ตัวสถิติทดสอบ SW พบว่ามีอำนาจการทดสอบสูงเทียบเท่ากับสถิติทดสอบ KS ในกรณีที่จำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (1,3) ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ

กรณีการแจกแจงแบบที เมื่อพิจารณาอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 3 ตัว สามารถสรุปผลถึงตัวสถิติที่มีอำนาจการทดสอบทางสถิติสูงที่สุด ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ตัวสถิติที่มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด เมื่อจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบทีที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.1 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 30 50 และ 100

ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	การแจกแจง		
		T(3)	T(10)	T(100)
10	0.01	SW	SW	SW
	0.05	SW	SW	LF
	0.1	SW	SW	SW
20	0.01	SW	SW	SW
	0.05	SW	SW	KS
	0.1	SW	SW	SW
30	0.01	SW	SW	SW
	0.05	SW	SW	KS
	0.1	SW	SW	SW
50	0.01	SW	SW	SW
	0.05	SW	SW	SW
	0.1	SW	SW	SW
100	0.01	SW	SW	SW
	0.05	SW	SW	SW
	0.1	SW	SW	SW

KS หมายถึง สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov Test)

LF หมายถึง สถิติทดสอบลิลลิฟอร์ (The Lilliefors Test)

SW หมายถึง สถิติทดสอบชาพิโรวิลค์ (Shapiro-Wilk Test)

ผลการพิจารณาอำนาจการทดสอบ ทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ โดยจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบทีที่พารามิเตอร์ต่าง สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยแต่ละตัวสถิติทดสอบได้ดังนี้

1. ตัวสถิติทดสอบ KS พบว่ามีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ในกรณีที่จำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ v คือ 100 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 30 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. ตัวสถิติทดสอบ LF พบว่ามีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ในกรณีที่จำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ v คือ 100 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ตัวสถิติทดสอบ SW พบว่ามีอำนาจการทดสอบทางสถิติสูงที่สุดในเกือบทุกกรณีเมื่อเทียบกับตัวสถิติทดสอบตัวอื่นๆ

5.4 การอภิปรายผล

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ในที่นี้สถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ตัวสถิติ KS สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุดเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ตัวสถิติทดสอบ LF และ SW สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุดเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก

อำนาจการทดสอบ

จากผลการวิจัยเมื่อพิจารณาถึงอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ ทั้ง 3 ตัวขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆดังนี้

1. รูปร่างของการแจกแจงพบว่า เมื่อรูปร่างการแจกแจงมีความใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน N(0,1) เช่นการแจกแจงแบบทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 100 โอกาสการตรวจจับของตัวสถิติทดสอบค่อนข้างยากหมายถึงแต่ละตัวสถิติทดสอบส่วนมากยอมรับว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติทั้งที่ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ จึงทำให้อำนาจการทดสอบน้อยมาก สอดคล้องกับการศึกษาของเบญจา ชูโต(2557) ถ้าหากรูปร่างการแจกแจงมีลักษณะเป็นสมมาตร เช่นการแจกแจงแบบทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 3 และ 10 ตัวสถิติทดสอบ SW มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด และถ้ารูปร่างการแจกแจงไม่มีความเป็นสมมาตรเลย เช่นการแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,3) (1,3) และ (4,2) สถิติทดสอบ KS จะมีความไวหรือสามารถตรวจจับได้ดีที่สุดว่าข้อมูลดังกล่าวไม่ได้มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ เมื่อพิจารณาถึงแต่ละตัวสถิติทดสอบแล้วพบว่า

1.1 สถิติทดสอบ KS พบว่าควรใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ในกรณีที่ข้อมูลมีรูปร่างการแจกแจงลักษณะไม่ได้เป็นสมมาตรคล้ายการแจกแจงปกติ ได้แก่ การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ (α,β) คือ (4,3) (1,3) และ (4,2)

1.2 สถิติทดสอบ LF พบว่าควรใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบ Gamma(1,3) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.1 ที่ขนาดตัวอย่าง 100

1.3 สถิติทดสอบ SW พบว่าควรใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ในกรณีที่ข้อมูลมีรูปร่างการแจกแจงลักษณะสมมาตรคล้ายการแจกแจงแบบปกติ ได้แก่ การแจกแจงแบบทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 3 และ 10

2. เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นทำให้อำนาจการทดสอบทางสถิติสูงมากขึ้นด้วยเช่นกัน

5.5 ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานวิจัยชิ้นต่อไปควรที่จะขยายการศึกษาไปถึงประชากรในรูปแบบการแจกแจงที่มากขึ้น เพื่อให้ครอบคลุมถึงลักษณะการแจกแจงในหลายๆแบบเพื่อผลสรุปที่คลอบคลุมกว้างขวางขึ้น หรืออาจจะไปศึกษาจากข้อมูลจริง เพื่อที่จะทราบถึงประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบในการทดสอบแต่ละวิธี หรืออาจจะเพิ่มตัวสถิติทดสอบให้มากขึ้นเพื่อที่จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบแบบอื่นที่มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่เนื่องจากในการทำวิจัยครั้งนี้ได้ทการศึกษาสถิติทดสอบเพียง 3 ตัวเท่านั้น

บรรณานุกรม

นฤพล วงศ์เจริญสันติ, เบญจรงณ์ คำรังษี, อนุพงศ์ บุญดำ และ อรทัย อนุลีจันทร์. 2557. **การเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีของเบส์ของการแจกแจงปัวซง.** ปัญหาพิเศษสาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เบญจา ชูโต. 2557. **"การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล. 2548. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของเลวีนสำหรับทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน.** วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง ปีที่ 13 ฉบับที่ 1. หน้า 29-35.

อุมาพร จันทศร. 2542. **สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ เล่ม 2.** เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อุมาพร จันทศร. 2551. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ.** งานวิจัยสาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

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

James V. Bradley. 1978. **Robustness?**. The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology. Volume 31 Issue 2 November. pages 144–152.

ภาคผนวก ก.

คำสั่งโปรแกรม R ที่ใช้ในงานวิจัย

****

สร้างกราฟการแจกแจงปกติ

****

```
x <-seq(-20,30,length.out=100)
plot(x,dnorm(x,5,3),col="red",type="l",ylab="Density",main="Normal probability
distribution function")
lines(x,dnorm(x,5,5),col="green",type="l")
lines(x,dnorm(x,5,10),col="blue",type="l")
labels <- c("N(5,3)", "N(5,5)", "N(5,10)")
colors <-c("red","green","blue")
legend("topright", inset=.05,labels, lwd=2, lty=1, col=colors)
```

****

สร้างกราฟการแจกแจงแกมมา

****

```
x <-seq(0,20,length.out=100)
plot(x,dgamma(x,4,3),col="red",type="l",ylab="Density",main="Gamma probability
distribution function")
lines(x,dgamma(x,1,3),col="blue",type="l")
lines(x,dgamma(x,4,2),col="green",type="l")
labels <- c("gamma(4,3)", "gamma(1,3) or Exponential(3)", "gamma(4,2) or Chi-
square(8)")
colors <-c("red","blue","green")
legend("topright", inset=.05,labels, lwd=2, lty=1, col=colors)
```

****

สร้างกราฟการแจกแจงที

****

```
x <-seq(-4,4,length.out=100)
plot(x,dt(x,df=3),col="red",type="l",ylab="Density",main="T probability distribution
function")
lines(x,dt(x,df=10),col="green",type="l")
lines(x,dt(x,df=100),col="blue",type="l")
labels <- c("t(3)", "t(10)", "t(100)")
colors <-c("red","green","blue")
legend("topright", inset=.05,labels, lwd=2, lty=1, col=colors)
```

****

คำสั่งโปรแกรม R ที่ใช้ในงานวิจัย ในส่วนการหาความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

****

สร้างฟังก์ชันขึ้นมาก่อน โดยใช้คำสั่ง fix ดังนี้

fix(Project)

เขียนโปรแกรม R ได้ดังนี้

```
function (m)
{
mu = 5
sigma = c(3,5,10)
n = c(10,20,30,50,100)
sig = c(0.01,0.05,0.1)

for(i in 1:length(sigma))
{
	for (j in 1:length(n))
	{
		for (k in 1:length(sig))
		{
			numks = 0
			numlf = 0
			numsw = 0
			for (l in 1:m)
			{
			x = rnorm(n[j],mean = mu,sd = sigma[i])
			kstest = ks.test(x,"pnorm",mu,sigma[i])
			lftest = lillie.test(x)
			swtest = shapiro.test(x)
			pvalueks = kstest$p.value
			pvaluelf = lftest$p.value
			pvaluesw = swtest$p.value
			if(pvalueks<sig[k]){numks = numks+1}
			if(pvaluelf<sig[k]){numlf = numlf+1}
			if(pvaluesw<sig[k]){numsw = numsw+1}
			}
			cat("ks",'\t',sig[k],'\t',n[j],'\t',"Type 1 error = ",numks/m,'\n')
```

```
                    cat("lf",'\t',sig[k],'\t',n[j],'\t',"Type 1 error = ",numlf/m,'\n')
                    cat("sw",'\t',sig[k],'\t',n[j],'\t',"Type 1 error = ",numsw/m,'\n')
                }
            }
        }
    }
```

****

คำสั่งโปรแกรม R ที่ใช้ในงานวิจัย ในส่วนการหาอำนาจการทดสอบจากข้อมูลที่มาจากการแจกแจงแบบแกมมา

****

สร้างฟังก์ชันขึ้นมาก่อน โดยใช้คำสั่ง fix ดังนี้

fix(Project)

เขียนโปรแกรม R ได้ดังนี้

```
function (m)
{
alpha = c(4,1,4)
beta = c(3,3,2)
n = c(10,20,30,50,100)
sig = c(0.01,0.05,0.1)

for(i in 1:length(alpha))
{
        for (j in 1:length(n))
        {
                for (k in 1:length(sig))
                {
                        numks = 0
                        numlf = 0
                        numsw = 0
                        for (l in 1:m)
                        {
                        x = rgamma(n[j],alpha[i],beta[i])
                        kstest =
ks.test(x,"pnorm",(alpha[i]*beta[i]),sqrt(alpha[i]*(beta[i]*beta[i])))
                        lftest = lillie.test(x)
                        swtest = shapiro.test(x)
                        pvalueks = kstest$p.value
                        pvaluelf = lftest$p.value
                        pvaluesw = swtest$p.value
                        if(pvalueks<sig[k]){numks = numks+1}
                        if(pvaluelf<sig[k]){numlf = numlf+1}
                        if(pvaluesw<sig[k]){numsw = numsw+1}
```

```
                    }
                    cat("ks",'\t',sig[k],'\t',n[j],'\t',"Power of test = ",numks/m,'\n')
                    cat("lf",'\t',sig[k],'\t',n[j],'\t',"Power of test = ",numlf/m,'\n')
                    cat("sw",'\t',sig[k],'\t',n[j],'\t',"Power of test = ",numsw/m,'\n')
                }
            }
        }
    }
```

****

คำสั่งโปรแกรม R ที่ใช้ในงานวิจัย ในส่วนการหาอำนาจการทดสอบจากข้อมูลที่มาจากการแจกแจงแบบที

****

สร้างฟังก์ชันขึ้นมาก่อน โดยใช้คำสั่ง fix ดังนี้

fix(Project)

เขียนโปรแกรม R ได้ดังนี้

```
function (m)
{
df = c(3,10,100)
n = c(10,20,30,50,100)
sig = c(0.01,0.05,0.1)

for(i in 1:length(df))
{
        for (j in 1:length(n))
        {
                for (k in 1:length(sig))
                {
                        numks = 0
                        numlf = 0
                        numsw = 0
                        for (l in 1:m)
                        {
                        x = rt(n[j],df[i])
                        kstest = ks.test(x,"pnorm",0,sqrt(df[i]/(df[i]-2)))
                        lftest = lillie.test(x)
                        swtest = shapiro.test(x)
                        pvalueks = kstest$p.value
                        pvaluelf = lftest$p.value
                        pvaluesw = swtest$p.value
                        if(pvalueks<sig[k]){numks = numks+1}
                        if(pvaluelf<sig[k]){numlf = numlf+1}
                        if(pvaluesw<sig[k]){numsw = numsw+1}
                        }
                        cat("ks",'\t',sig[k],'\t',n[j],'\t',"Power of test = ",numks/m,'\n')
```

```
                    cat("lf",'\t',sig[k],'\t',n[j],'\t',"Power of test = ",numlf/m,'\n')
                    cat("sw",'\t',sig[k],'\t',n[j],'\t',"Power of test = ",numsw/m,'\n')
                }
            }
        }
    }
```

****

สร้างกราฟเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

****

```
function ()
{
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0098,0.0114,0.01,0.0108,0.0094)
lf <-c(0.0124,0.011,0.0118,0.0126,0.0074)
sw <-c(0.0116,0.0116,0.0108,0.0102,0.0102)
plot(n,ks,ylab='Type 1 Error',main='alpha=0.01',type='o',ylim=c(0,0.03),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
segments(0,0.007,100,0.007,col="red",lty=2)
segments(0,0.015,100,0.015,col="red",lty=2)
segments(0,0.005,100,0.005,col="blue")
segments(0,0.015,100,0.015,col="blue")
}

function ()
{
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0488,0.0508,0.0456,0.0474,0.0438)
lf <-c(0.0452,0.0472,0.0478,0.0524,0.0462)
sw <-c(0.0466,0.0518,0.0496,0.056,0.0538)
plot(n,ks,ylab='Type 1 Error',main='alpha=0.05',type='o',ylim=c(0,0.08),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1;15,16))
segments(0,0.04,100,0.04,col="red",lty=2)
segments(0,0.06,100,0.06,col="red",lty=2)
segments(0,0.025,100,0.025,col="blue")
segments(0,0.075,100,0.075,col="blue")
}

function ()
{
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.098,0.0916,0.0938,0.1042,0.0964)
```

```
lf <-c(0.0958,0.0848,0.0944,0.0992,0.1016)
sw <-c(0.0938,0.0912,0.1008,0.1014,0.0964)
plot(n,ks,ylab='Type 1 Error',main='alpha=0.1',type='o',ylim=c(0.03,0.16),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
segments(0,0.08,100,0.08,col="red",lty=2)
segments(0,0.12,100,0.12,col="red",lty=2)
segments(0,0.05,100,0.05,col="blue")
segments(0,0.15,100,0.15,col="blue")
}

function ()
{
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0096,0.0078,0.0094,0.0082,0.0122)
lf <-c(0.0116,0.01,0.0102,0.0084,0.0106)
sw <-c(0.0122,0.01,0.0086,0.0108,0.01)
plot(n,ks,ylab='Type 1 Error',main='alpha=0.01',type='o',ylim=c(0,0.03),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
segments(0,0.007,100,0.007,col="red",lty=2)
segments(0,0.015,100,0.015,col="red",lty=2)
segments(0,0.005,100,0.005,col="blue")
segments(0,0.015,100,0.015,col="blue")
}

function ()
{
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.056,0.0534,0.049,0.048,0.0438)
lf <-c(0.0498,0.052,0.0498,0.0494,0.0458)
sw <-c(0.0472,0.0504,0.0512,0.0502,0.0452)
plot(n,ks,ylab='Type 1 Error',main='alpha=0.05',type='o',ylim=c(0,0.08),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
segments(0,0.04,100,0.04,col="red",lty=2)
```

```
segments(0,0.06,100,0.06,col="red",lty=2)
segments(0,0.025,100,0.025,col="blue")
segments(0,0.075,100,0.075,col="blue")
}

function ()
{
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0996,0.0972,0.1022,0.0982,0.0936)
lf <-c(0.1,0.087,0.0948,0.0986,0.112)
sw <-c(0.099,0.095,0.098,0.0972,0.1068)
plot(n,ks,ylab='Type 1 Error',main='alpha=0.1',type='o',ylim=c(0.03,0.16),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
segments(0,0.08,100,0.08,col="red",lty=2)
segments(0,0.12,100,0.12,col="red",lty=2)
segments(0,0.05,100,0.05,col="blue")
segments(0,0.15,100,0.15,col="blue")
}

function ()
{
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0098,0.0108,0.0098,0.0074,0.0098)
lf <-c(0.0114,0.0088,0.0094,0.0102,0.01)
sw <-c(0.0104,0.0082,0.013,0.0116,0.009)
plot(n,ks,ylab='Type 1 Error',main='alpha=0.01',type='o',ylim=c(0,0.03),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
segments(0,0.007,100,0.007,col="red",lty=2)
segments(0,0.015,100,0.015,col="red",lty=2)
segments(0,0.005,100,0.005,col="blue")
segments(0,0.015,100,0.015,col="blue")
}
```

```
function ()
{
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.05,0.0474,0.0492,0.0526,0.045)
lf <-c(0.043,0.0416,0.0506,0.0522,0.0508)
sw <-c(0.0478,0.0434,0.0482,0.0524,0.0472)
plot(n,ks,ylab='Type 1 Error',main='alpha=0.05',type='o',ylim=c(0,0.08),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
segments(0,0.04,100,0.04,col="red",lty=2)
segments(0,0.06,100,0.06,col="red",lty=2)
segments(0,0.025,100,0.025,col="blue")
segments(0,0.075,100,0.075,col="blue")
}

function ()
{
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0984,0.101,0.1014,0.0908,0.0888)
lf <-c(0.0922,0.0984,0.1008,0.1012,0.1046)
sw <-c(0.0922,0.1054,0.1068,0.0986,0.1032)
plot(n,ks,ylab='Type 1 Error',main='alpha=0.1',type='o',ylim=c(0.03,0.16),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
segments(0,0.08,100,0.08,col="red",lty=2)
segments(0,0.12,100,0.12,col="red",lty=2)
segments(0,0.05,100,0.05,col="blue")
segments(0,0.15,100,0.15,col="blue")
}
```

****

สร้างกราฟเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบจากข้อมูลที่มาจากการแจกแจงแบบแกมมา

****

```
function ()
{
par(mfrow = c(1,3))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(1,1,1,1,1)
lf <-c(0.0322,0.0654,0.098,0.1936,0.4482)
sw <-c(0.0518,0.133,0.2318,0.474,0.8738)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.01',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(1,1,1,1,1)
lf <-c(0.1148,0.1754,0.2602,0.4018,0.7068)
sw <-c(0.146,0.2886,0.433,0.692,0.956)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.05',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(1,1,1,1,1)
lf <-c(0.1734,0.266,0.355,0.524,0.818)
sw <-c(0.2118,0.4032,0.5568,0.7862,0.9768)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.1',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
}
```

```
function ()
{
par(mfrow = c(1,3))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(1,1,1,1,1)
lf <-c(0.1304,0.328,0.5358,0.8446,0.9984)
sw <-c(0.233,0.6216,0.8768,0.9926,1)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.01',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(1,1,1,1,1)
lf <-c(0.2856,0.5684,0.7788,0.9552,1)
sw <-c(0.4412,0.8318,0.968,0.999,1)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.05',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(1,1,1,1,1)
lf <-c(0.4256,0.7046,0.8698,0.9818,1)
sw <-c(0.5756,0.9034,0.9876,1,1)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.1',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
}
```

```
function ()
{
par(mfrow = c(1,3))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(1,1,1,1,1)
lf <-c(0.0332,0.058,0.0994,0.1852,0.445)
sw <-c(0.0522,0.1294,0.2266,0.4602,0.8646)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.01',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(1,1,1,1,1)
lf <-c(0.1044,0.1776,0.2564,0.4006,0.704)
sw <-c(0.135,0.288,0.4534,0.6828,0.9584)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.05',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(1,1,1,1,1)
lf <-c(0.176,0.2918,0.3646,0.537,0.813)
sw <-c(0.2116,0.4194,0.565,0.7944,0.9806)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.1',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
}
```

****

สร้างกราฟเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบจากข้อมูลที่มาจากการแจกแจงแบบที

****

```
function ()
{
par(mfrow = c(1,3))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0036,0.008,0.018,0.0466,0.1686)
lf <-c(0.0666,0.135,0.2052,0.3038,0.5516)
sw <-c(0.0962,0.2156,0.3226,0.5068,0.8002)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.01',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0374,0.068,0.1236,0.2198,0.4994)
lf <-c(0.1592,0.2656,0.337,0.4804,0.7384)
sw <-c(0.1844,0.345,0.4536,0.6384,0.8742)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.05',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0946,0.1634,0.232,0.3872,0.687)
lf <-c(0.2394,0.3486,0.4324,0.5766,0.8122)
sw <-c(0.2536,0.4158,0.5358,0.705,0.9084)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.1',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
}
```

```
function ()
{
par(mfrow = c(1,3))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0092,0.0088,0.0058,0.0082,0.008)
lf <-c(0.0178,0.0168,0.0204,0.0218,0.0306)
sw <-c(0.0226,0.0358,0.0516,0.0708,0.122)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.01',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.044,0.0484,0.0548,0.0478,0.0488)
lf <-c(0.0636,0.0718,0.075,0.0884,0.1098)
sw <-c(0.0718,0.0908,0.1214,0.1612,0.222)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.05',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0962,0.0994,0.099,0.0986,0.097)
lf <-c(0.1208,0.1212,0.1408,0.1578,0.1962)
sw <-c(0.133,0.1534,0.181,0.2264,0.3076)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.1',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
}
```

```
function ()
{
par(mfrow = c(1,3))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0098,0.009,0.0096,0.0072,0.0088)
lf <-c(0.0094,0.0102,0.0076,0.0104,0.0108)
sw <-c(0.0118,0.0116,0.0106,0.0124,0.0122)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.01',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.0498,0.0554,0.0548,0.0522,0.0428)
lf <-c(0.052,0.0532,0.0472,0.0512,0.0532)
sw <-c(0.0518,0.0524,0.0514,0.0542,0.0568)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.05',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
n <-c(10,20,30,50,100)
ks <-c(0.1032,0.0998,0.1032,0.0962,0.0898)
lf <-c(0.1012,0.1042,0.0974,0.1092,0.1022)
sw <-c(0.1044,0.121,0.1056,0.1116,0.1086)
plot(n,ks,ylab='Power of test',main='alpha=0.1',type='o',ylim=c(0,1),pch=1)
lines(n,lf,type='o',pch=15,lty=2)
lines(n,sw,type='o',pch=16,lty=3)
legend("topright",c("KS","LF","SW"),cex=0.8, pch=c(1,15,16))
}
```

ภาคผนวก ข.

ตารางสถิติ

****

ตารางที่ 1 Critical Values of D in the Kolmogorov-Smirnov one sample test

****

Critical values of D in the Kolmogorov-Smirnov one-sample test*

Sample size (N)	Level of significance for D = maximum $\|F_0(X) - S_N(X)\|$				
	.20	.15	.10	.05	.01
1	.900	.925	.950	.975	.995
2	.684	.726	.776	.842	.929
3	.565	.597	.642	.708	.828
4	.494	.525	.564	.624	.733
5	.446	.474	.510	.565	.669
6	.410	.436	.470	.521	.618
7	.381	.405	.438	.486	.577
8	.358	.381	.411	.457	.543
9	.339	.360	.388	.432	.514
10	.322	.342	.368	.410	.490
11	.307	.326	.352	.391	.468
12	.295	.313	.338	.375	.450
13	.284	.302	.325	.361	.433
14	.274	.292	.314	.349	.418
15	.266	.283	.304	.338	.404
16	.258	.274	.295	.328	.392
17	.250	.266	.286	.318	.381
18	.244	.259	.278	.309	.371
19	.237	.252	.272	.301	.363
20	.231	.246	.264	.294	.356
25	.21	.22	.24	.27	.32
30	.19	.20	.22	.24	.29
35	.18	.19	.21	.23	.27
Over 35	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

* Adapted from Massey, F. J., Jr. (1951). The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 46, 70, with the kind permission of the author and publisher.

****

ตารางที่ 2 Critical Values for Lilliefors test

****

Critical values for Lilliefors test, normal case 1 (μ unknown, σ^2 known)

	α				
n	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
3	.392	.308	.428	.453	.495
4	.351	.366	.384	.410	.455
5	.318	.333	.350	.376	.423
6	.294	.307	.324	.348	.396
7	.276	.288	.305	.328	.374
8	.260	.272	.288	.311	.353
9	.246	.258	.272	.294	.334
10	.234	.245	.259	.280	.323
11	.225	.235	.249	.269	.309
12	.216	.226	.238	.259	.300
13	.209	.218	.230	.249	.285
14	.202	.211	.224	.242	.280
15	.195	.205	.217	.235	.270
16	.189	.197	.209	.227	.261
17	.184	.192	.203	.220	.256
18	.179	.187	.198	.215	.246
19	.174	.182	.194	.210	.242
20	.170	.178	.189	.205	.235
21	.166	.174	.184	.199	.230
22	.163	.171	.180	.195	.227
23	.160	.167	.177	.193	.221
24	.156	.164	.173	.188	.217
25	.154	.160	.170	.185	.214
26	.151	.158	.167	.181	.209
27	.147	.154	.163	.177	.205
28	.146	.153	.161	.174	.202
29	.143	.149	.158	.172	.198
30	.141	.147	.155	.169	.193

Critical values for Lilliefors test, normal case 2 (μ known, σ^2 unknown)

	α				
n	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
2	.739	.770	.797	.820	.837
3	.551	.599	.657	.722	.798
4	.499	.529	.565	.621	.734
5	.440	.470	.507	.567	.680
6	.400	.429	.464	.514	.607
7	.375	.395	.429	.477	.566
8	.451	.374	.405	.450	.534
9	.332	.353	.382	.425	.505
10	.315	.335	.361	.401	.477
11	.300	.320	.346	.387	.468
12	.289	.307	.332	.371	.444
13	.277	.296	.320	.358	.428
14	.268	.284	.307	.341	.410
15	.259	.275	.297	.331	.397
16	.251	.257	.288	.322	.387
17	.244	.260	.282	.313	.377
18	.236	.251	.271	.302	.369
19	.231	.246	.266	.297	.357
20	.226	.241	.260	.290	.348
21	.219	.233	.252	.282	.337

n	α 0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
22	.214	.228	.247	.278	.334
23	.210	.223	.242	.270	.319
24	.205	.218	.236	.263	.317
25	.202	.214	.231	.258	.308
26	.197	.210	.227	.255	.305
27	.194	.208	.224	.250	.302
28	.191	.203	.219	.244	.292
29	.188	.200	.217	.242	.290
30	.185	.198	.212	.238	.284
50	$1.02/\sqrt{n}$	$1.080/\sqrt{n}$	$1.170/\sqrt{n}$	$1.310/\sqrt{n}$	$1.595/\sqrt{n}$
100	$1.04/\sqrt{n}$	$1.100/\sqrt{n}$	$1.180/\sqrt{n}$	$1.320/\sqrt{n}$	$1.610/\sqrt{n}$
≥ 101	$1.06/\sqrt{n}$	$1.120/\sqrt{n}$	$1.190/\sqrt{n}$	$1.333/\sqrt{n}$	$1.625/\sqrt{n}$

Critical values for Lilliefors test, normal case 3 (μ, σ^2 both unknown)

n	α 0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
4	.303	.320	.344	.374	.414
5	.290	.302	.319	.344	.398
6	.268	.280	.295	.321	.371
7	.252	.264	.280	.304	.353
8	.239	.251	.266	.290	.333
9	.227	.239	.253	.275	.319
10	.217	.228	.241	.262	.303
11	.209	.219	.232	.252	.291
12	.201	.210	.223	.243	.281
13	.193	.203	.215	.233	.270
14	.187	.196	.209	.227	.264
15	.181	.190	.202	.219	.256
16	.176	.184	.195	.212	.248
17	.170	.179	.190	.207	.241
18	.166	.174	.185	.201	.234
19	.162	.171	.181	.197	.230
20	.159	.167	.177	.192	.223
21	.155	.163	.173	.188	.219
22	.152	.160	.170	.185	.214
23	.149	.156	.165	.181	.210
24	.145	.153	.162	.177	.205
25	.144	.151	.159	.173	.202
26	.141	.147	.156	.170	.198
27	.138	.145	.153	.166	.193
28	.136	.142	.151	.165	.191
29	.134	.140	.149	.162	.188
30	.132	.138	.146	.159	.183
31	$\frac{0.741}{d_n}$	$\frac{0.775}{d_n}$	$\frac{0.819}{d_n}$	$\frac{0.895}{d_n}$	$\frac{1.035}{d_n}$

$$d_n = (\sqrt{n} - 0.01 + 0.83/\sqrt{n})$$

Source: Andrew L. Mason and C. B. Bell, "New Lilliefors and Srinivasan Tables with Applications," *Communic. Statist.—Simul.*, Vol. 15, No. 2 (1986), pp. 457–459. Copyright (c) 1986 by Marcel Dekker, Inc.; reprinted by permission.

****

ตารางที่ 3 Coefficients for the W test for normality

****

W-Test for Normality

Coefficients $\{a_{n-i+1}\}$ for the W test for normality,

for n = 2(1)50

i \ n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.7071	0.7071	0.6872	0.6646	0.6431	0.6233	0.6052	0.5888	0.5739
2		.0000	.1677	.2413	.2806	.3031	.3164	.3244	.3291
3				.0000	.0875	.1401	.1743	.1976	.2141
4						.0000	.0561	.0947	.1224
5								.0000	.0399

i \ n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.5601	0.5475	0.5359	0.5251	0.5150	0.5056	0.4968	0.4886	0.4808	0.4734
2	.3315	.3325	.3325	.3318	.3306	.3290	.3273	.3253	.3232	.3211
3	.2260	.2347	.2412	.2460	.2495	.2521	.2540	.2553	.2561	.2565
4	.1429	.1586	.1707	.1802	.1878	.1939	.1988	.2027	.2059	.2085
5	.0695	.0922	.1099	.1240	.1353	.1447	.1524	.1587	.1641	.1686
6	0.0000	0.0303	0.0539	0.0727	0.0880	0.1005	0.1109	0.1197	0.1271	0.1334
7			.0000	.0240	.0433	.0593	.0725	.0837	.0932	.1013
8					.0000	.0196	.0359	.0496	.0612	.0711
9							.0000	.0163	.0303	.0422
10									.0000	.0140

i \ n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0.4643	0.4590	0.4542	0.4493	0.4450	0.4407	0.4366	0.4328	0.4291	0.4254
2	.3185	.3156	.3126	.3098	.3069	.3043	.3018	.2992	.2968	.2944
3	.2578	.2571	.2563	.2554	.2543	.2533	.2522	.2510	.2499	.2487
4	.2119	.2131	.2139	.2145	.2148	.2151	.2152	.2151	.2150	.2148
5	.1736	.1764	.1787	.1807	.1822	.1836	.1848	.1857	.1864	.1870
6	0.1399	0.1443	0.1480	0.1512	0.1539	0.1563	0.1584	0.1601	0.1616	0.1630
7	.1092	.1150	.1201	.1245	.1283	.1316	.1346	.1372	.1395	.1415
8	.0804	.0878	.0941	.0997	.1046	.1089	.1128	.1162	.1192	.1219
9	.0530	0618	.0696	.0764	.0823	.0876	.0923	.0965	.1002	.1036
10	.0263	.0368	.0459	.0539	.0610	.0672	.0728	.0778	.0822	.0862
11	0.0000	0.0122	0.0228	0.0321	0.0403	0.0476	0.0540	0.0598	0.0650	0.0697
12			.0000	.0107	.0200	.0284	.0358	.0424	.0483	.0537
13					.0000	.0094	.0178	.0253	.0320	.0381
14							.0000	.0084	.0159	.0227
15									.0000	.0076

W-Test for Normality (Continued)

Coefficients $\{a_{n-i+1}\}$ for the W test for normality,

for n = 2(1)50 (cont.)

i \ n	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	0.4220	0.4188	0.4156	0.4127	0.4096	0.4068	0.4040	0.4015	0.3989	0.3964
2	.2921	.2898	.2876	.2854	.2834	.2813	.2794	.2774	.2755	.2737
3	.2475	.2463	.2451	.2439	.2427	.2415	.2403	.2391	.2380	.2368
4	.2145	.2141	.2137	.2132	.2127	.2121	.2116	.2110	.2104	.2098
5	.1874	.1878	.1880	.1882	.1883	.1883	.1883	.1881	.1880	.1878
6	0.1641	0.1651	0.1660	0.1667	0.1673	0.1678	0.1683	0.1686	0.1689	0.1691
7	.1433	.1449	.1463	.1475	.1487	.1496	.1505	.1513	.1520	.1526
8	.1243	.1265	.1284	.1301	.1317	.1331	.1344	.1356	.1366	.1376
9	.1066	.1093	.1118	.1140	.1160	.1179	.1196	.1211	.1225	.1237
10	.0899	.0931	.0961	.0988	.1013	.1036	.1056	.1075	.1092	.1108
11	0.0739	0.0777	0.0812	0.0844	0.0873	0.0900	0.0924	0.0947	0.0967	0.0986
12	.0585	.0629	.0669	.0706	.0739	.0770	.0798	.0824	.0848	.0870
13	.0435	.0485	.0530	.0572	.0610	.0645	.0677	.0706	.0733	.0759
14	.0289	.0344	.0395	.0441	.0484	.0523	.0559	.0592	.0622	.0651
15	.0144	.0206	.0262	.0314	.0361	.0404	.0444	.0481	.0515	.0546
16	0.0000	0.0068	0.0131	0.0187	0.0239	0.0287	0.0331	0.0372	0.0409	0.0444
17			.0000	.0062	.0119	.0172	.0220	.0264	.0305	.0343
18					.0000	.0057	.0110	.0158	.0203	.0244
19							.0000	.0053	.0101	.0146
20									.0000	.0049

i \ n	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	0.3940	0.3917	0.3894	0.3872	0.3850	0.3830	0.3808	0.3789	0.3770	0.3751
2	.2719	.2701	.2684	.2667	.2651	.2635	.2620	.2604	.2589	.2574
3	.2357	.2345	.2334	.2323	.2313	.2302	.2291	.2281	.2271	.2260
4	.2091	.2085	.2078	.2072	.2065	.2058	.2052	.2045	.2038	.2032
5	.1876	.1874	.1871	.1868	.1865	.1862	.1859	.1855	.1851	.1847
6	0.1693	0.1694	0.1695	0.1695	0.1695	0.1695	0.1695	0.1693	0.1692	0.1691
7	.1531	.1535	.1539	.1542	.1545	.1548	.1550	.1551	.1553	.1554
8	.1384	.1392	.1398	.1405	.1410	.1415	.1420	.1423	.1427	.1430
9	.1249	.1259	.1269	.1278	.1286	.1293	.1300	.1306	.1312	.1317
10	.1123	.1136	.1149	.1160	.1170	.1180	.1189	.1197	.1205	.1212
11	0.1004	0.1020	0.1035	0.1049	0.1062	0.1073	0.1085	0.1095	0.1105	0.1113
12	.0891	.0909	.0927	.0943	.0959	.0972	.0986	.0998	.1010	.1020
13	.0782	.0804	.0824	.0842	.0860	.0876	.0892	.0906	.0919	.0932
14	.0677	.0701	.0724	.0745	.0765	.0783	.0801	.0817	.0832	.0846
15	.0575	.0602	.0628	.0651	.0673	.0694	.0713	.0731	.0748	.0764
16	0.0476	0.0506	0.0534	0.0560	0.0584	0.0607	0.0628	0.0648	0.0667	0.0685
17	.0379	.0411	.0442	.0471	.0497	.0522	.0546	.0568	.0588	.0608
18	.0283	.0318	.0352	.0383	.0412	.0439	.0465	.0489	.0511	.0532
19	.0188	.0227	.0263	.0296	.0328	.0357	.0385	.0411	.0436	.0459
20	.0094	.0136	.0175	.0211	.0245	.0277	.0307	.0335	.0361	.0386
21	0.0000	0.0045	0.0087	0.0126	0.0163	0.0197	0.0229	0.0259	0.0288	0.0314
22			.0000	.0042	.0081	.0118	.0153	.0185	.0215	.0244
23					.0000	.0039	.0076	.0111	.0143	.0174
24							.0000	.0037	.0071	.0104
25									.0000	.0035

****

ตารางที่ 4 Percentage points for the W test for normality

****

Percentage points of the W test for n = 3(1)50

	Level								
n	0.01	0.02	0.05	0.10	0.50	0.90	0.95	0.98	0.99
3	0.753	0.756	0.767	0.789	0.959	0.998	0.999	1.000	1.000
4	.687	.707	.748	.792	.935	.987	.992	.996	.997
5	.686	.715	.762	.806	.927	.979	.986	.991	.993
6	0.713	0.743	0.788	0.826	0.927	0.974	0.981	0.986	0.989
7	.730	.760	.803	.838	.928	.972	.979	.985	.988
8	.749	.778	.818	.851	.932	.972	.978	.984	.987
9	.764	.791	.829	.859	.935	.972	.978	.984	.986
10	.781	.806	.842	.869	.938	.972	.978	.983	.986
11	0.792	0.817	0.850	0.876	0.940	0.973	0.979	0.984	0.986
12	.805	.828	.859	.883	.943	.973	.979	.984	.986
13	.814	.837	.866	.889	.945	.974	.979	.984	.986
14	.825	.846	.874	.895	.947	.975	.980	.984	.986
15	.835	.855	.881	.901	.950	.975	.980	.984	.987
16	0.844	0.863	0.887	0.906	0.952	0.976	0.981	0.985	0.987
17	.851	.869	.892	.910	.954	.977	.981	.985	.987
18	.858	.874	.897	.914	.956	.978	.982	.986	.988
19	.863	.879	.901	.917	.957	.978	.982	.986	.988
20	.868	.884	.905	.920	.959	.979	.983	.986	.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	.878	.892	.911	.926	.961	.980	.984	.987	.989
23	.881	.895	.914	.928	.962	.981	.984	.987	.989
24	.884	.898	.916	.930	.963	.981	.984	.987	.989
25	.888	.901	.918	.931	.964	.981	.985	.988	.989
26	0.891	0.904	0.920	0.933	0.965	0.982	0.985	0.988	0.989
27	.894	.906	.923	.935	.965	.982	.985	.988	.990
28	.896	.908	.924	.936	.966	.982	.985	.988	.990
29	.898	.910	.926	.937	.966	.982	.985	.988	.990
30	.900	.912	.927	.939	.967	.983	.985	.988	.900
31	0.502	0.914	0.929	0.940	0.967	0.983	0.986	0.988	0.990
32	.904	.915	.930	.941	.968	.983	.986	.988	.990
33	.906	.917	.931	.942	.968	.983	.986	.989	.990
34	.908	.919	.933	.943	.969	.983	.986	.989	.990
35	.910	.920	[illegible]	.944	.969	.984	.986	.989	.990
36	0.912	0.922	0.935	0.945	0.970	0.984	0.986	0.989	0.990
37	.914	.924	.936	.946	.970	.984	.987	.989	.990
38	.916	.925	.938	.947	.971	.984	.987	.989	.990
39	.917	.927	.939	.948	.971	.984	.987	.989	.991
40	.919	.928	.940	.949	.972	.985	.987	.989	.991
41	0.920	0.929	0.941	0.950	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
42	.922	.930	.942	.951	.972	.985	.987	.989	.991
43	.923	.932	.943	.951	.973	.985	.987	.990	.991
44	.924	.933	.944	.952	.973	.985	.987	.990	.991
45	.926	.934	.945	.953	.973	.985	.988	.990	.991
46	0.927	0.935	0.945	0.953	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
47	.928	.936	.946	.954	.974	.985	.988	.990	.991
48	.929	.937	.947	.954	.974	.985	.988	.990	.991
49	.929	.937	.947	.955	.974	.985	.988	.990	.991
50	.930	.938	.947	.955	.974	.985	.988	.990	.991