การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

โดย

นางสาวเบญจา ชูโต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติประยุกต์

ภาควิชาสถิติ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

โดย

นางสาวเบญจา ชูโต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติประยุกต์

ภาควิชาสถิติ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

AN EFFICIENCY COMPARISON BETWEEN TEST STATISTICS FOR STANDARD NORMAL DISTRIBUTION

By

Benja Chooto

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF SCIENCE

Department of Statistics

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2009

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง "การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน" เสนอโดย นางสาวเบญจา ชูโต เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์

……..
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตังกูร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่..........เดือน................... พ.ศ...........

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพบูลย์ รัตนประเสริฐ)
............/......................../..............

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญอ้อม โฉมที)
............/......................../..............

.... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วีรานันท์ พงศาภักดี)
............/......................../..............

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลชนก พานิชการ)
............/......................../..............

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์)
............/......................../..............

49304201 : สาขาวิชาสถิติประยุกต์
คำสำคัญ : การทดสอบการแจกแจงแบบปกติ/ตัวสถิติทดสอบ G/อำนาจการทดสอบ

เบญจา ชูโต : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์. 147 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวสถิติทดสอบสำหรับทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานทั้ง 6 ตัว ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบ KS, A, W, D, K^2 และ G เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบนั้นพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ ในการศึกษานั้นได้จำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ แบบปกติปลอมปน แบบที แบบไคสแควร์ แบบเบต้า แบบแกมมา แบบไวบูล และแบบลาปลาส กำหนดระดับนัยสำคัญสำหรับการทดสอบคือ 0.01 , 0.05 และ 0.10 ใช้ขนาดตัวอย่าง 10, 20, 50 และ 100 ในแต่ละสถานการณ์กระทำซ้ำ 1,000 รอบ

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

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

2. ตัวสถิติทดสอบ K^2 และ G มีอำนาจการทดสอบสูงในกรณีข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติปลอมปน และการแจกแจงแบบสมมาตรและโด่งสูง

3. ตัวสถิติทดสอบ KS และ A มีอำนาจการทดสอบสูงในกรณีข้อมูลมีตัวอย่างขนาดเล็ก

4. เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

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

ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2552

ลายมือชื่อนักศึกษา..

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ....

49304201 : MAJOR : APPLIED STATISTICS
KEY WORDS : NORMALITY TEST/G TEST STATISTIC/POWER OF THE TEST

BENJA CHOOTO : AN EFFICIENCY COMPARISON BETWEEN TEST STATISTICS FOR STANDARD NORMAL DISTRIBUTION : ASST. PROF. KUSAYA PLUNGPONGPUN, Ph.D.. 147 pp.

The research is aimed to compare the efficiency among six normality test statistics : KS, A, W, D, K^2 and G test statistics. Controlling of probability of type I error and power of the test are considered as criteria on the efficiency comparison. In the study, we simulate the data from normal, contaminated normal, t, chi-square, beta, gamma, Weibull and Laplace populations under the 0.01, 0.05 and 0.10 level of significance, in sample sizes of 10, 20, 50 and 100. 1,000 replications are done in each situation.

The results are:

1. KS, A, W and G test statistics are able to control the probability of type I error in every situation but K^2 test statistics does not control the probability of type I error at 0.01 level of significance. Neither does D test statistic, except under 0.10 level of significance in a sample size of 10.

2. The power of the test obtained from K^2 and G test statistics are high in case of contaminated normal and symmetrical-leptokurtic distributions.

3. The power of the test obtained from KS and A test statistics are high in case of small samples.

4. The larger sample sizes, the higher the power of the test.

5. After comparing the power of test, it is found that W test statistic has the highest power of test, followed by A, K^2, G, and KS test statistics respectively.

Department of Statistics Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2009
Student's signature ....
Thesis Advisor's signature ....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุศยา ปลั่งพงพันธ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของงานวิจัยนี้ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ และปรับแก้ข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยของกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ไพบูลย์ รัตนประเสริฐ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ วีรานันท์ พงศาภักดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลชนก พานิชการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญอ้อม โฉมที กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ รุ่นพี่ รุ่นน้อง และเพื่อนๆ ที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ช่วยอบรมสั่งสอน สนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจตลอดมา

สารบัญ

บทที่		หน้า
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	111
	สรุปผลการวิจัย	111
	อภิปรายผล	115
	ข้อเสนอแนะ	117

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

สารบัญภาพประกอบ

กราฟที่ หน้า

กราฟที่ หน้า

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติมีความสำคัญมากสำหรับงานวิจัยเชิงทดลองและงานวิจัยเชิงสำรวจ ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ต้องมีการสุ่มตัวอย่างและนำข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างไปสรุปผลอ้างอิงกับประชากร ดังนั้นเทคนิคเชิงสถิติ (statistical techniques) จึงเกี่ยวข้องกับการวิจัยโดยตรง ผู้วิจัยต้องมีความรู้ความสามารถและสามารถนำสถิติมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลได้อย่างถูกต้อง เพื่อการสรุปผลอ้างอิงที่น่าเชื่อถือได้

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิตินั้น ผู้วิจัยจะต้องเลือกสถิติวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับข้อมูล โดยคำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูล เช่นการเลือกใช้การแจกแจงที่เหมาะสมกับวิธีทดสอบสถิติ ขนาดของตัวอย่าง วิธีการสุ่มตัวอย่าง แต่ในทางปฏิบัติ ผู้วิจัยส่วนใหญ่มักไม่ทดสอบดูว่าการแจกแจงของข้อมูลที่ศึกษามีลักษณะอย่างไร ซึ่งนับเป็นผลเสียเพราะถ้าคุณสมบัติของตัวอย่างที่ศึกษาไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ผลที่ได้จากการวิเคราะห์อาจจะไม่ถูกต้อง ซึ่งการแจกแจงของข้อมูลที่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนใหญ่คือ การแจกแจงแบบปกติ

การทดสอบข้อมูลว่ามาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่นั้น สามารถแบ่งการทดสอบได้ 2 วิธีการใหญ่ๆ Filliben (1975) คือ

1. วิธีการทดสอบด้วยกราฟ เป็นวิธีการตรวจสอบที่ง่ายและสะดวกที่สุด การตรวจสอบด้วยวิธีกราฟมีหลายวิธีเช่น histogram probability plot, dot plot, box plot และ stem-and-leaf plot เป็นต้น วิธีการเหล่านี้มีอยู่ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติทั่วไป เช่น SPSS (Statistical Packages for the Social Science), MINITAB (Minitab System) และ SAS (Statistical Analysis System) เป็นต้น แต่วิธีการเหล่านี้หากจะนำไปใช้จะต้องมีความระมัดระวังเพราะข้อสรุปจะขึ้นอยู่กับการพิจารณาของตัวบุคคล ซึ่งมีความเห็นที่แตกต่างกันไป

2. วิธีการทดสอบทางสถิติ วิธีการนี้ใช้ตัวสถิติทดสอบเพื่อตัดสินว่าข้อมูลที่ใช้ทดสอบมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ตัวสถิติทดสอบเพื่อการทดสอบนี้แบ่งตามลักษณะการทดสอบดังนี้

2.1 ตัวสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบตามความเบ้และความโด่ง (Test based on skewness and kurtosis) พิจารณาจากความเบ้ และความโด่งที่เบี่ยงเบนออกไปจากการแจกแจงแบบปกติ เพื่อให้ทราบว่าการแจกแจงเป็นแบบปกติหรือไม่ ตัวสถิติทดสอบด้วยวิธีนี้ได้แก่ Geary' s Skewness and kurtosis, Pearson coefficient of Skewness ตัวสถิติทดสอบของ D'Agostino และ Pearson (K^2 test statistic) และตัวสถิติทดสอบของ Cho และ Im (G test statistic) เป็นต้น

2.2 ตัวสถิติทดสอบโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่าง (Test based on Empirical Distribution Function) ตัวสถิติทดสอบนี้เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีการนำฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่าง เปรียบเทียบกับการแจกแจงสะสมตามทฤษฎีว่ามีลักษณะไปในทางเดียวกันหรือไม่ การทดสอบมีทั้งกรณีทราบค่าพารามิเตอร์และไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ ตัวสถิติทดสอบด้วยวิธีนี้ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบของ Kolmogorov และ Sminov (KS test statistic) ตัวสถิติทดสอบของ Anderson-Darling (A test statistic) เป็นต้น

2.3 ตัวสถิติทดสอบโดยใช้เทคนิควิเคราะห์ความแปรปรวน (Test based on analysis of variance) ตัวสถิติทดสอบแบบนี้ ดูที่ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นความชันของสถิติอันดับกับสถิติที่ทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปกติ ทั้งนี้ถ้าข้อกำหนดของการแจกแจงถูกต้องเส้นกราฟต้องเป็นเส้นตรง ตัวสถิติทดสอบด้วยวิธีนี้ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบของ Shapiro และ Wilk (W test statistic), ตัวสถิติทดสอบของ Shapiro และ Francia และตัวสถิติทดสอบของ D'Agostino (D test statistic)เป็นต้น

2.4 ตัวสถิติทดสอบแบบอื่นๆ มีตัวสถิติทดสอบแบบอื่นๆ อีกมากที่สามารถใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติได้ เช่น ตัวสถิติทดสอบ Chi square (χ^2 test statistic) ตัวสถิติทดสอบของ Kuiper ตัวสถิติทดสอบของ Durbin รวมถึงตัวสถิติทดสอบที่พิจารณาค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นอกจากนี้ยังมีตัวสถิติทดสอบอื่นอีกหลากหลายรูปแบบ

ตัวสถิติทดสอบการแจกแจงแบบปกติที่นิยมใช้กันมากและปรากฏอยู่ในโปรแกรมสำเร็จรูปส่วนใหญ่ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบ Chi-square, ตัวสถิติทดสอบของ Shapiro และ Wilk (W test statistic) และตัวสถิติทดสอบ Kolmogorov และ Smirnov (KS test statistic) เป็นต้น

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทดสอบทางสถิติส่วนใหญ่จะให้ผลที่แน่นอนกว่าวิธีการทดสอบด้วยกราฟ และนับจากอดีตถึงปัจจุบันนักสถิติหลายท่านทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลมีมากมายหลายวิธี และมีการนำเสนอตัวสถิติทดสอบแบบใหม่ๆ เสมอ แต่ยังไม่มีข้อสรุปแน่ชัดว่าตัวสถิติทดสอบตัวใดจะมีประสิทธิภาพที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี และมีอำนาจการทดสอบที่ดีภายใต้สถานการณ์เดียวกัน นอกจากนี้มีงานวิจัยหลายฉบับได้ทำการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบระหว่างตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ D และตัวสถิติทดสอบ K^2 ต่อมา Cho และ Im ได้เสนอตัวสถิติทดสอบตัวใหม่คือตัวสถิติทดสอบ G ขึ้นในปี ค.ศ 2002 ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงแบบปกติที่มีอยู่เดิมกับตัวสถิติทดสอบ G การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบต่างๆ ได้แก่

1. ตัวสถิติทดสอบของ Kolmogorov และ Smirnov หรือ ตัวสถิติทดสอบ KS (Kolmogorov and Smirnov test statistic or KS test statistic) ที่เสนอโดย Kolmogorov (1933) and Smirnov (1939)

2. ตัวสถิติทดสอบของ Anderson-Darling หรือ ตัวสถิติทดสอบ A (Anderson-Darling test statistic or A test statistic) ที่เสนอโดย Anderson and Darling (1952)

3. ตัวสถิติทดสอบของ Shapiro และ Wilk หรือ ตัวสถิติทดสอบ W (Shapiro and Wilk test statistic or W test statistic) ที่เสนอโดย Shapiro and Wilk (1965)

4. ตัวสถิติทดสอบของ D'Agostino หรือ ตัวสถิติทดสอบ D (D'Agostino test statistic or D test statistic) ที่เสนอโดย D'Agostino (1971)

5. ตัวสถิติทดสอบของ D'Agostino และ Pearson หรือ ตัวสถิติทดสอบ K^2 (D'Agostino and Pearson test statistic or K^2 test statistic) ที่เสนอโดย D'Agostino and Pearson (1990)

6. ตัวสถิติทดสอบของ Cho และ Im หรือ ตัวสถิติทดสอบ G (Cho and Im test statistic or G test) ที่เสนอโดย Cho and Im (2002)

โดยทำการจำลองแบบข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์และอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) เพื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของแต่ละตัวสถิติทดสอบ โดย ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ G มีลักษณะการทดสอบอยู่บนพื้นฐานของความเบ้และความ

โด่ง ตัวสถิติทดสอบ KS และตัวสถิติทดสอบ A มีลักษณะการทดสอบอยู่บนพื้นฐานของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่าง ส่วนตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ D มีลักษณะการทดสอบอยู่บนพื้นฐานของเทคนิควิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งจะเป็นแนวทางให้ผู้วิเคราะห์วิจัยสามารถเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบการแจกแจงแบบปกติได้อย่างเหมาะสมกับข้อมูลที่จะทำการศึกษา

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาว่าตัวสถิติทดสอบใดมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

2. เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบสำหรับการทสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานทั้ง 6 ตัว

3. เพื่อศึกษาว่าตัวสถิติทดสอบใดมีประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานที่ดีที่สุดในแต่ละลักษณะของข้อมูลที่ทำการศึกษา

สมมติฐานการวิจัย

1. ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 แตกต่างกัน

2. ลักษณะการแจกแจงของประชากรมีผลทำให้อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 แตกต่างกัน

ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ถือว่า ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ เป็นเกณฑ์ในการเลือกตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

โดยในการศึกษาครั้งนี้กระทำภายใต้การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบไคแสควร์ การแจกแจงแบบเบต้า การแจกแจงแบบแกมมา การแจกแจงแบบไวบูล และการแจกแจงแบบลาปลาส

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะทำภายใต้ขอบเขตสำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ดังนี้

1. ศึกษาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และ อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน 6 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ D ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ G

2. จำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบต่างๆ คือ

2.1 การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน : N(0,1)

2.2 การแจกแจงแบบ Contaminated Normal : $\mathrm{pN}(0,\sigma^2)+(1-\mathrm{p})\mathrm{N}(0,1)$ โดยที่ p = 0.1 และ 0.3 และ σ = 3, 5 และ 7

2.3 การแจกแจงแบบที ที่มีจำนวนองศาแห่งความเป็นอิสระ เท่ากับ 10, 20, 30 และ 100 นั่นคือ t_{10}, t_{20}, t_{30} และ t_{100}

2.4 การแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มีจำนวนองศาแห่งความเป็นอิสระ เท่ากับ 1, 10, 30 และ 100 นั่นคือ χ^2_1 , χ^2_{10} , χ^2_{30} , χ^2_{100}

2.5 การแจกแจงแบบเบต้า : B(1,2), B(2,1), B(2,2), B(2,5), B(5,2) และ B(5,5)

2.6 การแจกแจงแบบแกมมา ที่มีค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่างคือ γ เท่ากับ 0.5, 1, 3 และ 10 ค่าพารามิเตอร์ตำแหน่งคือ θ เท่ากับ 0 และค่าพารามิเตอร์สเกล คือ β เท่ากับ 1 นั่นคือ G(0.5,1), G(1,1), G(3,1) และ G(10,1)

2.7 การแจกแจงแบบไวบูล ค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่างคือ γ เท่ากับ 2, 3 และ 4 และค่าพารามิเตอร์สเกล คือ β เท่ากับ 1 นั่นคือ Weibull(2,1), Weibull(3,1) และ Weibull(4,1)

2.8 การแจกแจงแบบลาปลาสที่มี ค่าเฉลี่ยคือ μ เท่ากับ 1 และค่าพารามิเตอร์สเกล คือ β เท่ากับ 3 นั่นคือ LP (1,3)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งกลุ่มของข้อมูลที่ทำการศึกษาออกเป็น 6 ลักษณะ คือ

1. การแจกแจงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติ คือการแจกแจงแบบทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 100 ได้แก่ t_{100}

2. การแจกแจงแบบ Contaminated Normal คือการแจกแจงแบบ $\mathrm{pN}(0,\sigma^2)+(1-\mathrm{p})\mathrm{N}(0,1)$ โดยที่ p = 0.1 และ 0.3 , σ = 3, 5 และ 7

3. การแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งต่ำ คือการแจกแจงแบบเบต้าได้แก่ B(2,2) และ B(5,5)

4. การแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งสูง คือการแจกแจงแบบทีได้แก่ t_{10} t_{20} และ t_{30} การแจกแจงแบบลาปลาสได้แก่ LP(1,3)

5. การแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งต่ำ คือการแจกแจงเบต้าได้แก่ B(1,2) B(2,1) B(2,5) และ B(5,2) การแจกแจงแบบไวบูลได้แก่ Weibull(3,1) และ Weibull(4,1)

6. การแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งสูง คือการแจกแจงไคสแควร์ได้แก่ χ_1^2 χ_{10}^2 χ_{30}^2 และ χ_{100}^2 การแจกแบบแกมมาได้แก่ G(0.5,1), G(1,1), G(3,1) และ G(10,1) การแจกแจงแบบไวบูลได้แก่ Weibull(2,1)

3. ขนาดตัวอย่างที่ศึกษามี 4 ขนาดคือ 10, 20, 50 และ 100 โดยกำหนดให้ขนาดตัวอย่าง 10 เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดตัวอย่าง 20 เป็นตัวแทนของตัวอย่างขนาดกลาง และ ขนาดตัวอย่าง 50 และ 100 เป็นตัวแทนของขนาดตัวอย่างขนาดใหญ่

4. กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบ (Level of Significance) 3 ระดับ คือ 0.01, 0.05 และ 0.10

5. การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำลองชุดข้อมูลจำนวน 1,000 ชุด โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ประมวลผลภายใต้โปรแกรม MINITAB

เกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการควบคุมระดับนัยสำคัญของตัวสถิติทดสอบ ใช้ตัวตัวสถิติทดสอบ Z ในการทดสอบสมมติฐานแบบ 2 ด้าน (Bradley 1978 : อ้างถึงใน รุ่งรวี เอื้อเจริญทรัพย์ 2544: 218-220)

กำหนด α แทนระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริง

$\hat{\alpha}$ แทนค่าประมาณของระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริง

α_0 แทนระดับนัยสำคัญที่กำหนด ในการศึกษานี้มี 3 ระดับ

n แทนขนาดตัวอย่างที่ใช้ ในที่นี้เท่ากับ 1,000

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

H_0 : $\alpha = \alpha_0$

H_1 : $\alpha \neq \alpha_0$

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบคือ

$$Z \quad = \quad \frac{\hat{\alpha}-\alpha_0}{\sqrt{\frac{\alpha_0(1-\alpha_0)}{n}}}$$

เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ = α_0 ตัวสถิติทดสอบจะสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นได้ถ้า $\hat{\alpha}$ อยู่ในช่วง

$$\alpha_0 - Z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\alpha_0(1-\alpha_0)}{n}} \le \hat{\alpha} \le \alpha_0 + Z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\alpha_0(1-\alpha_0)}{n}}$$

1. เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ศึกษาเท่ากับ 0.01 ตัวสถิติทดสอบจะสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นได้ถ้า $\hat{\alpha}$ อยู่ในช่วง

$$\hat{\alpha} \le 0.01 + 1.96\sqrt{\frac{(0.01)(0.99)}{1000}} \quad \text{และ} \quad \hat{\alpha} \ge 0.01 - 1.96\sqrt{\frac{(0.01)(0.99)}{1000}}$$

นั่นคือ

$$0.002 \le \hat{\alpha} \le 0.018$$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการคำนวณมีค่าอยู่ในช่วง [0.002, 0.018]

2. เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ศึกษาเท่ากับ 0.05 ตัวสถิติทดสอบจะสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นได้ถ้า $\hat{\alpha}$ อยู่ในช่วง

$$\hat{\alpha} \le 0.05 + 1.96\sqrt{\frac{(0.05)(0.95)}{1000}} \quad \text{และ} \quad \hat{\alpha} \ge 0.05 - 1.96\sqrt{\frac{(0.05)(0.95)}{1000}}$$

นั่นคือ

$$0.036 \le \hat{\alpha} \le 0.063$$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการคำนวณมีค่าอยู่ในช่วง [0.036, 0.063]

3. เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ศึกษาเท่ากับ 0.10 ตัวสถิติทดสอบจะสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นได้ถ้า $\hat{\alpha}$ อยู่ในช่วง

$$\hat{\alpha} \le 0.10 + 1.96\sqrt{\frac{(0.10)(0.90)}{1000}} \quad \text{และ} \quad \hat{\alpha} \ge 0.10 - 1.96\sqrt{\frac{(0.10)(0.90)}{1000}}$$

นั่นคือ

$$0.084 \le \hat{\alpha} \le 0.115$$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการคำนวณมีค่าอยู่ในช่วง [0.084, 0.115]

ตัวสถิติทดสอบใดที่มีค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วงดังกล่าวจะถือว่าตัวสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Probability of type I error) หมายถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเรียกสั้นๆ ว่า ระดับนัยสำคัญ (α)

อำนาจการทดสอบ (Power of the test) หมายถึงความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อสมมติฐานแย้งเป็นจริง

ประสิทธิภาพการทดสอบ หมายถึง เกณฑ์ในการตัดสินใจว่าตัวสถิติทดสอบใดดีที่สุดในบรรดาตัวสถิติทดสอบที่สนใจศึกษา โดยวัดประสิทธิภาพจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ

การแจกแจงสมมาตร (Symmetric distribution) คือการแจกแจงข้อมูลที่เบี่ยงเบนจากค่ากลางไปในทางบวกและลบพอๆ กัน หรือเป็นข้อมูลที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ โดยค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าฐานนิยมจะอยู่ตำแหน่งเดียวกัน และมีลักษณะโค้งการแจกแจงที่สมมาตร

การแจกแจงไม่สมมาตร (Asymmetric distribution) คือการแจกแจงข้อมูลที่เบี่ยงเบนจากค่ากลางไปในทางบวกและลบไม่เท่ากัน โดยค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าฐานนิยมของข้อมูลไม่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน และมีลักษณะโค้งของการแจกแจงที่ผิดไปจากโค้งปกติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบว่าตัวสถิติทดสอบใดมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

2. ทราบผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว ในแต่ละลักษณะของข้อมูลที่ทำการศึกษา

3. เป็นแนวทางให้ผู้วิจัยตัดสินใจเลือกตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติที่ดีที่สุดและเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่ทำการศึกษา

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การแจกแจงที่เกี่ยวข้อง

การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

เป็นการแจกแจงที่มีความสำคัญอย่างมากในทฤษฎีการทดสอบและได้มีการนำการแจกแจงแบบปกติไปประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเมื่อถือว่าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ การคำนวณสามารถทำได้สะดวกขึ้น และจากคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญของการแจกแจงแบบปกติ ทำให้นักคณิตศาสตร์สามารถพัฒนาทฤษฎีการทดสอบอื่นๆ ตามมาหลายทฤษฎี

ให้ $X_1, X_2, ..., X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ $N(\mu,\sigma^2)$ และมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability density function) คือ

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad , -\infty < x < \infty \ , -\infty < \mu < \infty \ , \ \sigma^2 > 0$$

โดยที่ μ คือ ค่าเฉลี่ย

และ σ^2 คือ ความแปรปรวน

คุณสมบัติของการแจกแจงแบบปกติ มีดังนี้

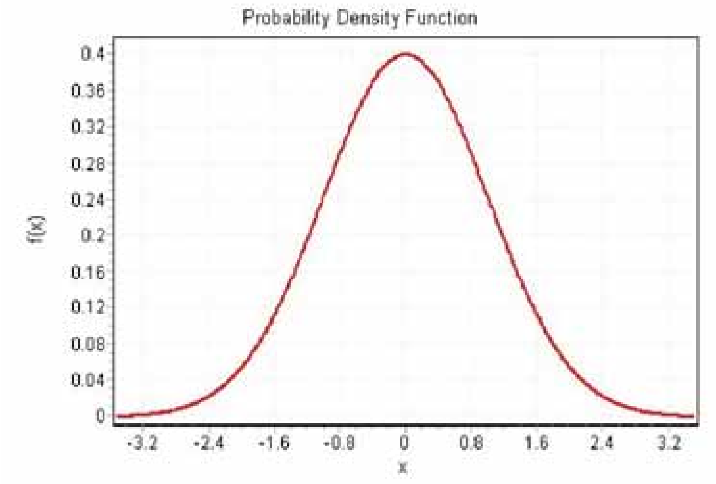
1. เส้นโค้งมีลักษณะสมมาตร รูปร่างคล้ายระฆังคว่ำ มียอดเดียว (Unimodal) อยู่ที่กึ่งกลางของเส้นโค้ง

2. ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยม มีค่าเท่ากัน อยู่ที่จุดกึ่งกลางจึงแบ่งพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน

3. ปลายทั้งสองข้างของเส้นโค้งค่อยๆ ลาดลงสู่แกน x และยื่นออกไปทั้งสองข้างโดยไม่มีที่สิ้นสุดและไม่แตะแกน x และปลายทั้งสองข้างของเส้นโค้งปกติจะมีค่าตั้งแต่ $-\infty$ ถึง ∞ พื้นที่ใต้เส้นโค้งที่อยู่เหนือแกน x จะเท่ากับ 1

4. μ และ σ^2 เป็นค่าพารามิเตอร์โดยเป็นตัวกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของเส้นโค้งและลักษณะของเส้นโค้งว่าจะแบนหรือโด่งอย่างไร

ในกราฟที่ 1 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานที่มี μ = 0 และ σ^2 = 1



N(0,1)

กราฟที่ 1 ตัวอย่างของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มี μ = 0 และ σ^2 = 1

การแจกแจงแบบ t (Student's t Distribution)

ให้ $X_1, X_2, ..., X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบ t ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ ν (ν > 0) , t_ν และมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น คือ

$$f(x) = \frac{\Gamma((\nu+1)/2)}{(\nu\pi)^{1/2}\Gamma(\nu/2)} \cdot \frac{1}{\left[1+\frac{x^2}{\nu}\right]^{(\nu+1)/2}} \qquad , -\infty < x < \infty \ , \ \nu > 0$$

การแจกแจงแบบ t มี

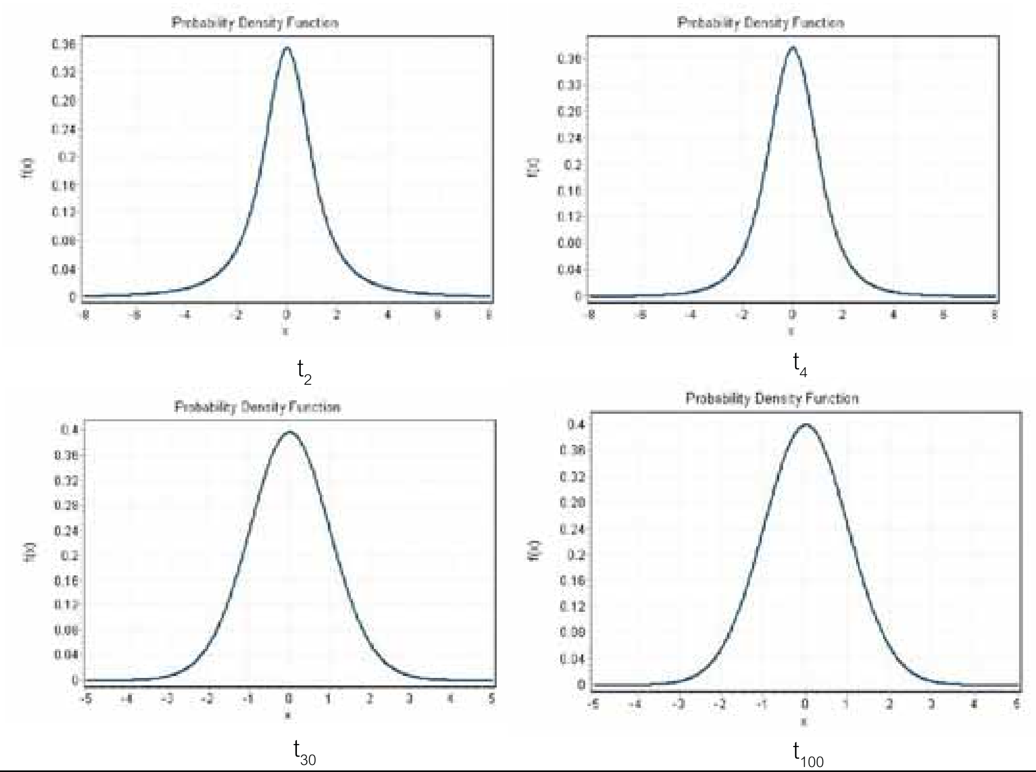
ค่าเฉลี่ย = 0

ความแปรปรวน = $\frac{\nu}{\nu-2}$

ความเบ้ = 0

ความโด่ง = $\frac{6}{\nu-4}$

การแจกแจงแบบ t จะขึ้นอยู่กับจำนวนองศาแห่งความเป็นอิสระ โค้งการแจกแจงแบบ t จะลดลงเมื่อจำนวนองศาแห่งความเป็นอิสระเพิ่มขึ้น ในกราฟที่ 2 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ t ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระต่างๆ



กราฟที่ 2 ตัวอย่างของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ t ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระต่างๆ กัน

การแจกแจงแบบไคสแควร์ (Chi-square Distribution)

ให้ $X_1, X_2, ..., X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ ν , χ^2_ν และมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น คือ

$$f(x) \quad = \quad \frac{e^{-\frac{x}{2}} x^{\frac{\nu}{2}-1}}{2^{\frac{\nu}{2}}\Gamma(\frac{\nu}{2})} \qquad , \quad x > 0 \,;\, e > 0$$

การแจกแจงแบบไคสแควร์ มี

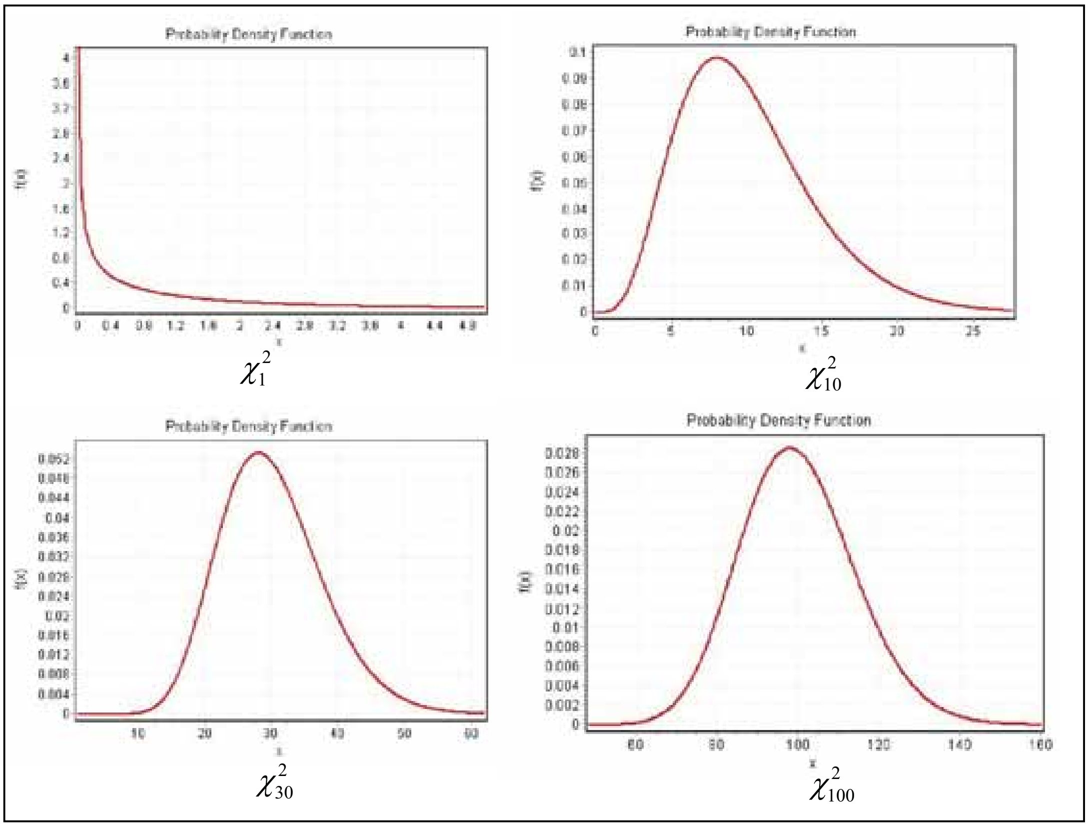
ค่าเฉลี่ย $= \quad \nu$

ความแปรปรวน $= \quad 2\nu$

ความเบ้ $= \quad 2\sqrt{\frac{2}{\nu}}$

ความโด่ง $= \quad \frac{12}{\nu}$

การแจกแจงของไคสแควร์จะแตกต่างกันไปสำหรับองศาแห่งความเป็นอิสระต่างๆ กัน ในกราฟที่ 3 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระต่างๆ



กราฟที่ 3 ตัวอย่างของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระต่างๆ กัน

การแจกแจงแบบเบต้า (Beta Distribution)

ให้ $X_1, X_2, ..., X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบเบต้า โดยมี γ_1 และ γ_2 คือพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง, $B(\gamma_1, \gamma_2)$ และมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น คือ

$$f(x) = \frac{\Gamma(\gamma_1 + \gamma_2)}{\Gamma(\gamma_1)\Gamma(\gamma_2)} x^{\gamma_1 - 1}(1-x)^{\gamma_2 - 1} \qquad , 0 < x < 1 \; ; \; \gamma_1 > 0 \; ; \; \gamma_2 > 0$$

การแจกแจงแบบเบต้า มี

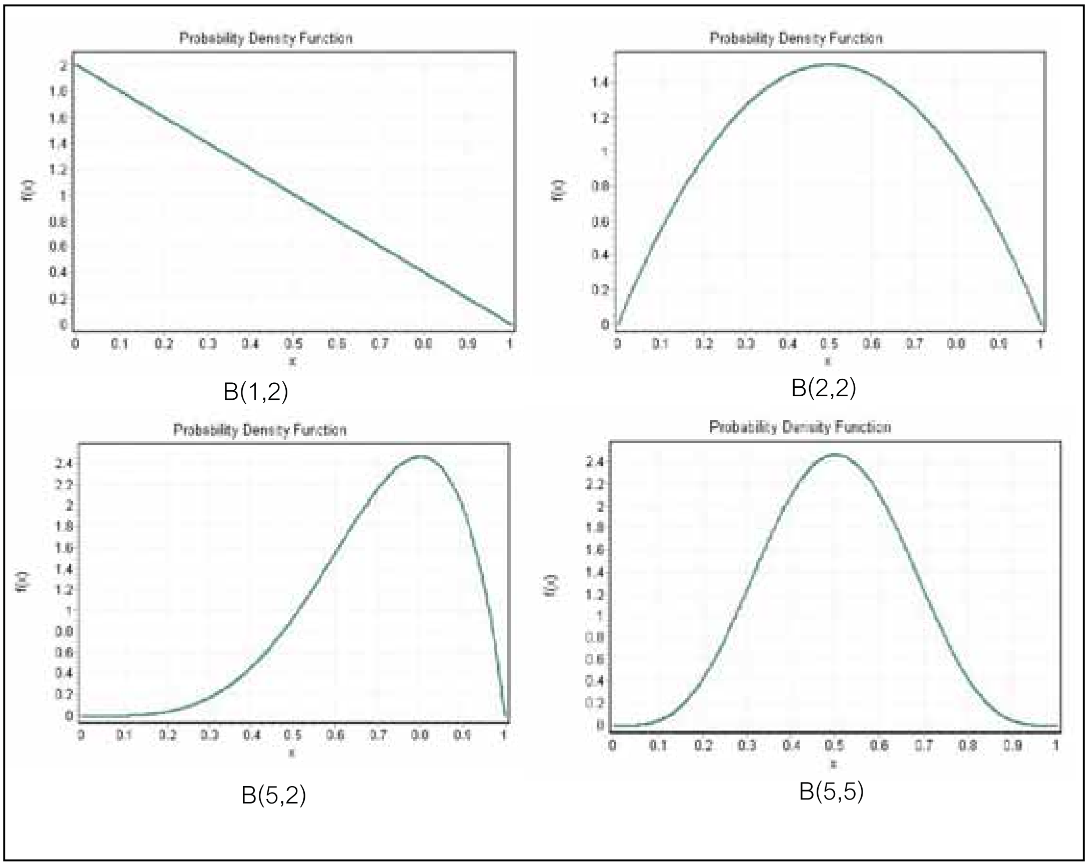
ค่าเฉลี่ย $= \dfrac{\gamma_1}{\gamma_1 + \gamma_2}$

$$\text{ความแปรปรวน} = \frac{\gamma_1}{(\gamma_1+\gamma_2)^2(\gamma_1+\gamma_2+1)}$$

$$\text{ความเบ้} = \frac{2(\gamma_2-\gamma_1)\sqrt{1+\gamma_1+\gamma_2}}{\sqrt{\gamma_1\gamma_2}(2+\gamma_1+\gamma_2)}$$

$$\text{ความโด่ง} = \frac{6(\gamma_1^3+\gamma_1^2(1-2\gamma_2)+\gamma_2^2(1+\gamma_2)-2\gamma_1\gamma_2(2+\gamma_2))}{\gamma_1\gamma_2(\gamma_1+\gamma_2+2)\left(\gamma_1+\gamma_2+3\right)}$$

ในกราฟที่ 4 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบต้า ที่มีพารามิเตอร์ γ_1 และ γ_2 ต่างๆ กัน



กราฟที่ 4 ตัวอย่างของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเบต้า ที่มีพารามิเตอร์ γ_1 และ γ_2 ต่างๆ กัน

การแจกแจงแบบแกมมา (Gamma Distribution)

ให้ $X_1, X_2, ..., X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบแกมมา, G(γ, β) และมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น คือ

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

โดยที่ β คือ พารามิเตอร์สเกล

และ γ คือ พารามิเตอร์แสดงรูปร่าง

การแจกแจงแบบแกมมา มี

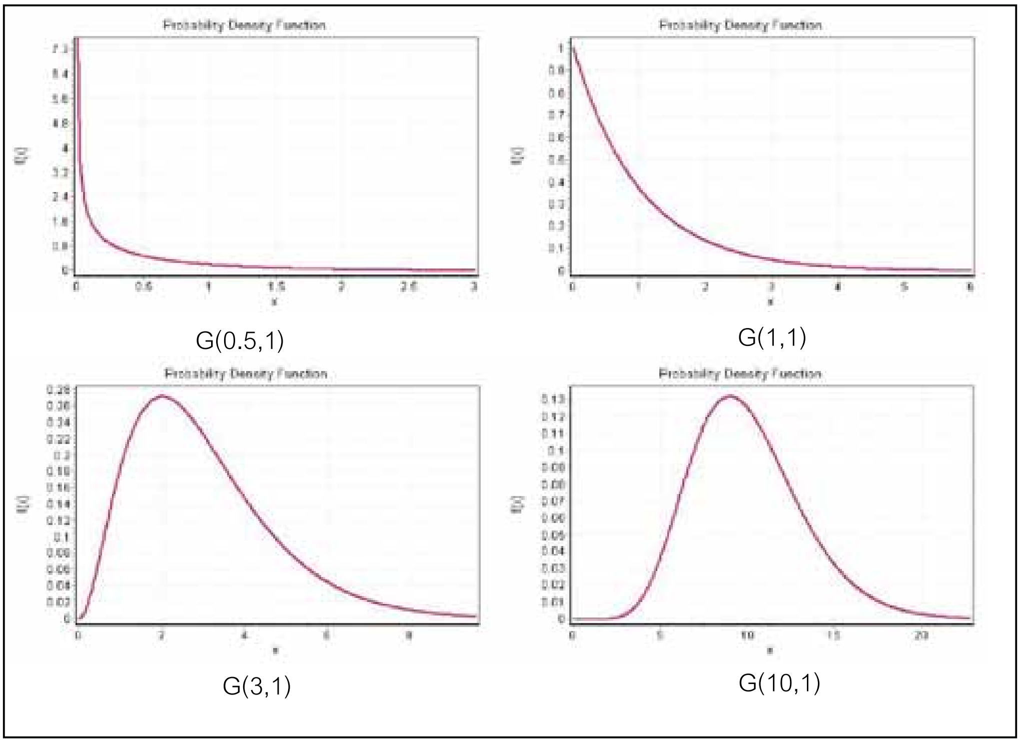
ค่าเฉลี่ย = $\gamma\beta$

ความแปรปรวน = $\gamma\beta^2$

ความเบ้ = $\frac{2}{\gamma}$

ความโด่ง = $\frac{6}{\gamma}$

ในกราฟที่ 5 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบแกมมา ที่มีพารามิเตอร์ γ ต่างๆ กัน



กราฟที่ 5 ตัวอย่างของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบแกมมา ที่มีพารามิเตอร์ γ ต่างๆ กัน

การแจกแจงแบบไวบูล (Weibull Distribution)

ให้ $X_1, X_2, ..., X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบไวบูล , Weibull(γ, β)และมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น คือ

$$f(x) = \frac{\gamma}{\beta}\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-(x-\beta)^{\gamma}} \qquad , \; x \geq 0 \; , \; \beta > 0 \; , \; \gamma > 0$$

โดยที่ β คือ พารามิเตอร์สเกล

และ γ คือ พารามิเตอร์แสดงรูปร่าง

การแจกแจงแบบไวบูลมี

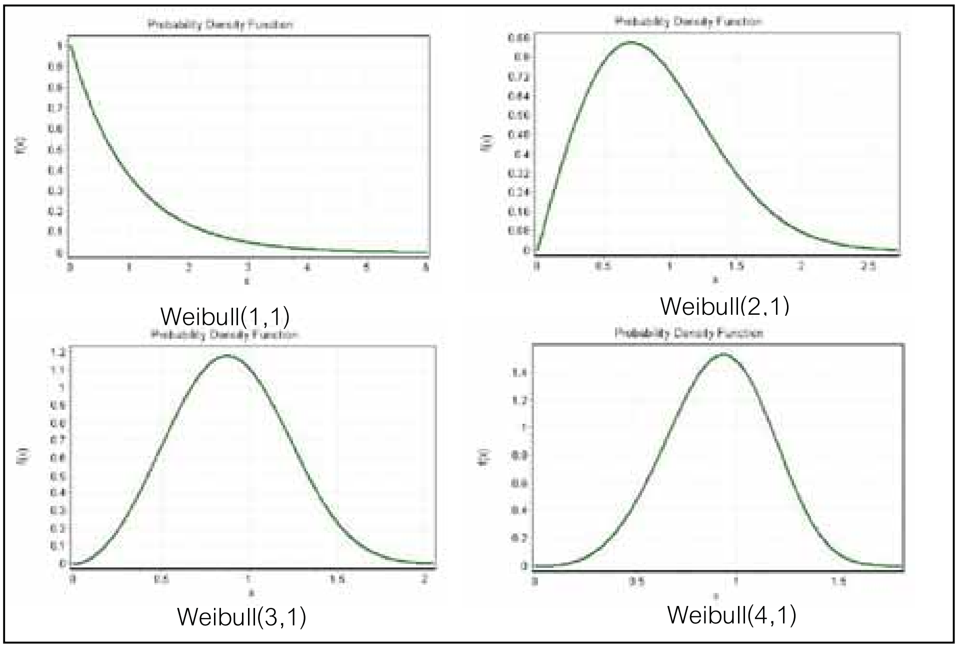
ค่าเฉลี่ย = $\lambda\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)$

ความแปรปรวน = $\lambda^2\Gamma\left(1+\frac{2}{k}\right)-\mu^2$

ความเบ้ = $\dfrac{\Gamma\left(1+\frac{3}{k}\right)\lambda^3 - 3\mu\sigma^2 - \mu^3}{\sigma^3} = \gamma_1$

ความโด่ง = $\dfrac{\lambda^4\Gamma\left(1+\frac{4}{k}\right)-4\gamma_1\sigma^3\mu-6\mu^2\sigma^2-\mu^4}{\sigma^4}$

ในกราฟที่ 6 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไวบูล ที่มีพารามิเตอร์ γ ต่างๆ กัน



กราฟที่ 6 ตัวอย่างของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไวบูล ที่มีพารามิเตอร์ γ ต่างๆ กัน

การแจกแจงแบบลาปลาส (Laplace Distribution)

ให้ $X_1, X_2, ..., X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบลา-ปลาส, LP(μ, β)และมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น คือ

$$f(x) = \frac{1}{2\beta}\exp\left(-\frac{|x-\mu|}{\beta}\right) \qquad , -\infty < x < \infty \, , \; \beta > 0$$

โดยที่ μ คือ ค่าเฉลี่ย

และ β คือ พารามิเตอร์สเกล

การแจกแจงแบบลาปลาสมี

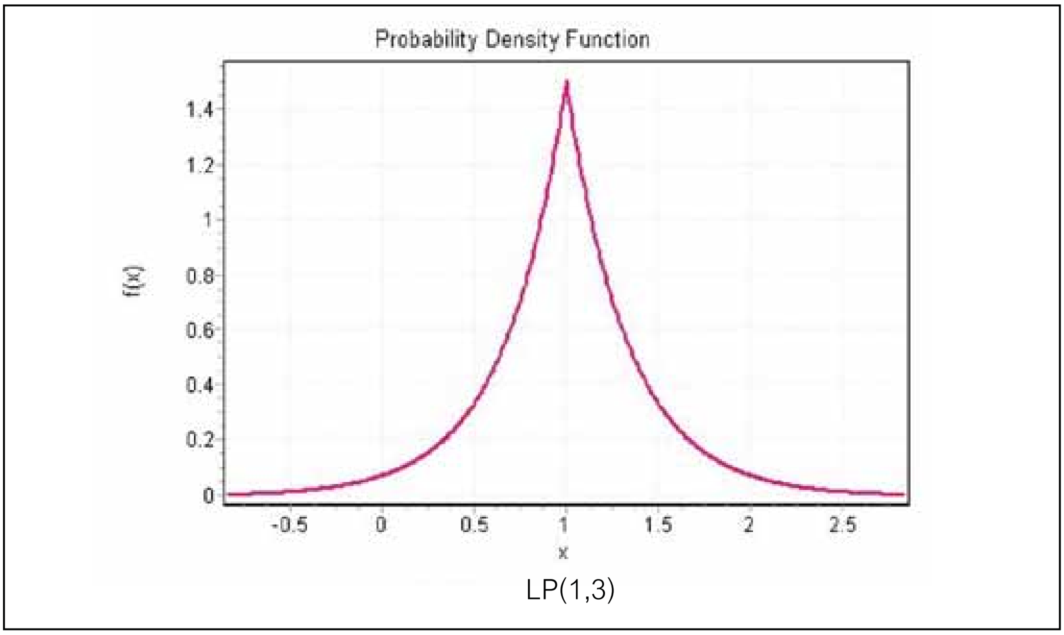
ค่าเฉลี่ย = μ

ความแปรปรวน = $2\beta^2$

ความเบ้ = 0

ความโด่ง = 6

ในกราฟที่ 7 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบลาปลาสที่มี μ = 1 และ β = 3



กราฟที่ 7 ตัวอย่างของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบลาปลาส ที่มี μ = 1 และ β = 3

ตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวสถิติทดสอบของ Kolmogorov และ Smirnov หรือ ตัวสถิติทดสอบ KS

Kolmogorov (1933) และ Smirnov (1939) ได้เสนอตัวสถิติทดสอบ KS เพื่อใช้ในการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีซึ่งใช้กับข้อมูลที่แม้ว่าจะมีความถี่บางกลุ่มจะเป็น 0 ก็ตาม เนื่องจากการใช้ตัวสถิติทดสอบ KS จำเป็นต้องสร้างการแจกแจงความถี่สะสมขึ้นมา ดังนั้นข้อมูลจึงอยู่ในสเกลอันดับ (Ordinal Scale) และลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบต่อเนื่อง หลักการของตัวสถิติทดสอบนี้คือการวัดระยะห่างที่สุดระหว่าง $S_n(x)$ และ $F_0(x)$ โดยที่ $S_n(x)$ แทนฟังก์ชันการแจกแจงสะสมจากตัวอย่าง หรือความถี่สะสมที่สังเกตได้ในรูปสัดส่วน (Empirical distribution Function) และ $F_0(x)$ แทนฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของประชากรที่คาดไว้ภายใต้ H_0 ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ KS สามารถคำนวณได้ดังนี้

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

เมื่อ $F_0(x)$ แทนฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของประชากรที่คาดไว้ภายใต้ H_0

และ $S_n(x)$ แทนฟังก์ชันการแจกแจงสะสมจากตัวอย่าง (Empirical distribution Function)

จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง H_0 เมื่อค่าการทดสอบที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤติ $\mathrm{KS}_{n,\alpha}$ ที่เปิดจากตารางที่ 33 ในภาคผนวก ข ขนาดตัวอย่าง n และระดับนัยสำคัญที่ต้องการ

ตัวอย่างที่ 1 การคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ KS ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

สมมติว่ามีข้อมูลตัวอย่างขนาด 10 ได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลตัวอย่างในการคำนวณตัวสถิติทดสอบ KS

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

สมมติฐานในการทดสอบคือ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

H_1 : ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

ขั้นตอนในการหาค่าตัวสถิติทดสอบ KS มีดังนี้

1. เรียงลำดับข้อมูลใหม่ และคำนวณหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 2 การคำนวณค่าต่างๆ ของตัวสถิติทดสอบ KS

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

โดยที่ $\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_{(i)}}{n} = \frac{1,656}{10} = 165.6$

$$s^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_{(i)} - \bar{x})}{n-1} = \frac{1,720.40}{9} = 191.156$$

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

2. คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ KS

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

จากตารางที่ 33 ในภาคผนวก ข พบว่า ค่าวิกฤติ $KS_{n,\alpha}$ ที่ n = 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ 0.409 ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 นั่นคือข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ภายใต้ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ Algorithm จากโปรแกรม MINITAB ในการคำนวณค่า p-value ของตัวสถิติทดสอบ KS

ตัวสถิติทดสอบของ Anderson **และ** Darling **หรือ ตัวสถิติทดสอบ** A

ในปี ค.ศ. 1952 Anderson และ Darling เสนอแนวคิดของตัวสถิติทดสอบ A โดยเริ่มการทดสอบจากพื้นฐาน Accumulating squared distance function

$$D(\psi) = n\int_{-\infty}^{\infty}\left[F_n(x) - \Phi(x)\right]^2 \psi(x)d\Phi(x)$$

โดยที่ $F_n(x)$ = ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม

$\Phi(x)$ = ฟังก์ชันการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานสะสม

$\psi(x)$ = ฟังก์ชันแบบถ่วงน้ำหนัก

ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยตัวสถิติทดสอบ A นี้ เลือกฟังก์ชันแบบถ่วงน้ำหนักเป็น $\psi(x) = \left[\Phi(x)(1-\Phi(x))\right]^{-1}$

ขั้นตอนการคำนวณหาตัวสถิติทดสอบ A มีดังนี้

1. คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ A

เมื่อ n คือ ขนาดตัวอย่าง

$x_1, x_2, ..., x_n$ คือ ค่าสถิติลำดับ

Z_i คือ ค่ามาตรฐานของแต่ละข้อมูล

โดยที่ $Z_i = \dfrac{(x_i - \bar{x})}{s}$ และ กำหนดให้ $p_i = \phi(Z_i)$

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

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

เกณฑ์ในการตัดสินใจ จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อค่าตัวสถิติทดสอบที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤติจากตารางที่ 34 ในภาคผนวก ข ที่ระดับนัยสำคัญ α

ตัวอย่างที่ 2 การคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ A ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน สมมติว่ามีข้อมูลตัวอย่างขนาด 10 ได้แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลตัวอย่างในการคำนวณตัวสถิติทดสอบ A

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

สมมติฐานในการทดสอบคือ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

H_1 : ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

1. เรียงลำดับข้อมูลใหม่ และคำนวณหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 4 การคำนวณค่าต่างๆ ของตัวสถิติทดสอบ A

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

ตารางที่ 4 (ต่อ)

i	$1-p_{n+1-i}$	$\ln(1-p_{n+1-i})$	$(2i-1)\left[\ln(p_i)+\ln(1-p_{n+1-i}\right]$
1	0.0166	-4.0983	-6.3811
2	0.1170	-2.1455	-11.2576
3	0.3745	-0.9821	-11.0795
4	0.4880	-0.7174	-12.4797
5	0.6026	-0.5065	-13.4898
6	0.6293	-0.4631	-15.2456
7	0.6554	-0.4225	-14.1952
8	0.7088	-0.3441	-12.2008
9	0.7995	-0.2237	-5.9193
10	0.8980	-0.1075	-2.3621
ผลรวม			-104.6108

โดยที่ $\bar{x} = \sum_{i=1}^{n}\frac{x_{(i)}}{n} = \frac{1,656}{10} = 165.6$

$s^2 = \sum_{i=1}^{n}\frac{(x_{(i)}-\bar{x})}{n-1} = \frac{1,720.40}{9} = 191.156$

$s = \sqrt{191.156} = 13.8259$

2. คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ A

$$\mathrm{A} = -10-\left[\frac{1}{10}(-104.6108)\right] = 0.46108$$

จากตารางที่ 34 ในภาคผนวก ข พบว่า ค่าวิกฤติของตัวสถิติทดสอบ A ที่ n = 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ 2.492 ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 นั่นคือข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ภายใต้ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ Algorithm จากโปรแกรม MINITAB ในการคำนวณค่า p-value ตัวสถิติทดสอบ A

ตัวสถิติทดสอบของ Shapiro และ Wilk หรือ ตัวสถิติทดสอบ W

ตัวสถิติทดสอบ W เป็นตัวสถิติทดสอบที่เสนอโดย Shapiro และ Wilk ในปี 1965 เพื่อใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ตัวสถิติทดสอบ W คือ

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

โดยที่ n = ขนาดตัวอย่าง

k = จำนวนเต็มที่เล็กที่สุดที่มากกว่าหรือเท่ากับ $\frac{n}{2}$

a_i = ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งเปิดจากตารางที่ 35 ในภาคผนวก ข เมื่อ $n \le 50$

$X_{(i)}$ = ค่าตัวสถิติทดสอบลำดับที่ i

จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง H_0 เมื่อค่าตัวสถิติทดสอบที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าวิกฤติ W ที่เปิดจากตารางที่ 36 ในภาคผนวก ข ขนาดตัวอย่าง n และระดับนัยสำคัญที่ต้องการ

ตัวสถิติทดสอบ W เป็นตัวสถิติทดสอบที่ใช้สัดส่วนของ $\frac{\hat{\sigma}^2}{S^2}$ เมื่อ $\hat{\sigma}^2$ เป็นตัวประมาณของ σ^2 และ S^2 คือตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ $(n-1)\sigma^2$ โดยมีพื้นฐานมาจาก

กำหนดให้ $\boldsymbol{m}' = (m_1, m_2, ..., m_n)$ เป็นเวกเตอร์ของค่าคาดหวังของ $N(0,1)$

$\boldsymbol{V} = (v_{ij})$ เป็น Covariance Matrix ขนาด $n \times n$

ถ้า $X_{(1)} \le X_{(2)} \le ... \le X_{(n)}$ เป็นสถิติลำดับขนาด n จาก $N(0,1)$

ให้ $\mathrm{E}(Y_i) = m_i$

$\mathrm{cov}(Y_i, Y_j) = v_{ij} \quad (i, j = 1, 2, ..., n)$

ให้ $\boldsymbol{X}' = (X_{(1)}, X_{(2)}, ..., X_{(n)})$ เป็นเวกเตอร์ของสถิติลำดับของตัวอย่างสุ่มขนาด n ต้องการทดสอบว่าตัวอย่างนี้สุ่มมาจากการแจกแจงแบบปกติ $N(\mu, \sigma^2)$ หรือไม่

ถ้า $\{X_{(i)}\}$ มีการแจกแจงแบบปกติ จะได้ว่า

$$\frac{X_{(i)} - \mu}{\sigma} = Y_{(i)}$$

$$X_{(i)} = \mu + \sigma Y_{(i)} \qquad (i = 1, 2, ..., n)$$

$$\mathrm{E}(X_{(i)}) = \mu + \sigma \mathrm{E}(Y_{(i)})$$

$$\mathrm{E}(\boldsymbol{X}) = \mu\mathbf{1} + \sigma\boldsymbol{m} \quad ; \quad \mathbf{1} = \begin{bmatrix} 1 \\ . \\ . \\ . \\ 1 \end{bmatrix}_{(n\times 1)}$$

ดังนั้น $\mathrm{E}(\boldsymbol{X}) = \boldsymbol{p\theta}$ (1)

เมื่อ $\boldsymbol{p}$ เป็นเมตริกซ์ของ $(\mathbf{1}, m_i)$ ซึ่งมีขนาด $n\times 2$

$\boldsymbol{\theta}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด 2×1 ของ (μ, σ)

และ $\mathrm{Var}(X_{(i)}) = \sigma^2\mathrm{Var}(Y_{(i)})$

$$\mathrm{Var}(\boldsymbol{X}) = \sigma^2\boldsymbol{V}$$

จาก (1) โดยทฤษฎี Generalized Least-Squares จะได้

$$\hat{\boldsymbol{\theta}} = (\boldsymbol{p}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{p})^{-1}\boldsymbol{p}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X} \qquad (2)$$

พิจารณา $\boldsymbol{p}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{p}$ สามารถกระจายในรูปของ

$$\boldsymbol{p}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{p} = \begin{bmatrix} \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\mathbf{1} & \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} \\ \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} & \boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} \end{bmatrix}$$

$$(\boldsymbol{p}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{p})^{-1} = \frac{1}{\Delta}\begin{bmatrix} \boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} & -\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} \\ -\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} & \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\mathbf{1} \end{bmatrix}$$

เมื่อ $\Delta = \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\mathbf{1}\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} - \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m}\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m}$

$$= \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\mathbf{1}\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} - (\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m})^2$$

ในทำนองเดียวกันสามารถกระจาย $\boldsymbol{p}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X}$ ในรูปของ

$$\boldsymbol{p}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X} \\ \boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X} \end{bmatrix}$$

จาก (2) ดังนั้น

$$\hat{\boldsymbol{\theta}} = \frac{1}{\Delta}\begin{bmatrix} \boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} & -\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} \\ -\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} & \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\mathbf{1} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X} \\ \boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \hat{\mu} \\ \hat{\sigma} \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta}\begin{bmatrix} \boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m}\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X} - \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m}\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X} \\ -\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m}\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X} + \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\mathbf{1}\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X} \end{bmatrix}$$

นั่นคือ $\hat{\mu} = \dfrac{\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}(\boldsymbol{m}\mathbf{1}' - \mathbf{1}\boldsymbol{m}')\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X}}{\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\mathbf{1}\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} - (\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m})^2}$

$$\hat{\sigma} = \frac{\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}(\mathbf{1}\boldsymbol{m}' - \boldsymbol{m}\mathbf{1}')\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X}}{\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\mathbf{1}\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} - (\mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m})^2} \qquad (\because \ \mathbf{1}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m} = 0)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{X}}{\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m}}$$

เนื่องจาก S^2 เป็นตัวประมาณไม่เอนเอียงของ $(n-1)\sigma^2$

ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ W ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ คือ

$$W = \frac{\mathrm{R}^4\hat{\sigma}^2}{C^2S^2} = \frac{b^2}{S^2} = \frac{(\boldsymbol{a}'\boldsymbol{X})^2}{S^2} = \frac{(\sum_{i=1}^{m} a_i X_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_{(i)} - \bar{X})^2}$$

โดยที่ $\boldsymbol{R}^2 = \boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m}$

$\boldsymbol{C}^2 = \boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m}$

$$\boldsymbol{a}' = (a_1, a_2, ..., a_m) = \frac{\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}}{(\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m})^{1/2}} = \frac{\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}}{\boldsymbol{C}}$$

$$b = \frac{\boldsymbol{R}^2\hat{\sigma}}{\boldsymbol{C}}$$

แต่เนื่องจาก $-a_i = a_{n-i+1}$ จาก Shapiro และ Wilk (1965)

ดังนั้น

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

Sarhan และ Greenberg (1956) ได้คำนวณค่าของ $\boldsymbol{a}'$ เมื่อขนาดตัวอย่างเล็กกว่า 20 สำหรับตัวอย่างที่ใหญ่กว่า 20 Shapiro และ wilk ได้ประมาณค่า $\boldsymbol{a}'$ โดย

$$\boldsymbol{a}' = \frac{\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}}{(\boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{V}^{-1}\boldsymbol{m})^{1/2}}$$

$\therefore \quad \boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} = 1$

ให้ $\boldsymbol{a}^* = \boldsymbol{m}'\boldsymbol{V}^{-1}$

ดังนั้น $\boldsymbol{C}^2 = \boldsymbol{a}^*\boldsymbol{a}^{*\prime}$

และค่าประมาณ a^* โดยที่ $\hat{a}^* = 2m_i$ เมื่อ $i = 2, 3, ..., n-1$

และ $(\hat{a}_1^*)^2 = (\hat{a}_n^*)^2 = \begin{cases} \dfrac{\Gamma(\frac{1}{2}n)}{2\Gamma\left\{\frac{1}{2}(n+1)\right\}} & (n \le 20) \\ \dfrac{\Gamma\left\{\frac{1}{2}(n+1)\right\}}{2\Gamma\left\{\frac{1}{2}(n+1)\right\}} & (n > 20) \end{cases}$

นอกจากนี้ Royston (1982) ได้ทำการขยายตัวสถิติทดสอบ W เพิ่มเติมสำหรับใช้ทดสอบตัวอย่างขนาดใหญ่ โดยทำการทดสอบในขนาดตัวอย่างขนาด 7-2,000 จำนวน 6,000 ซ้ำ และรายงานว่าการศึกษาในครั้งนี้การแจกแจงของตัวสถิติทดสอบ W เข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติ และได้เสนอการแปลงแบบปกติขึ้นมา โดยเผยแพร่โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณเพื่อใช้ประมวลผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งให้ไว้ใน Algorithm AS. 181 (1982) โดยตัวสถิติทดสอบ W ที่เสนอไว้มีรายละเอียดคือ

จาก Shapiro และ Wilk (1965) $\hat{a}_i^* = \begin{cases} 2m_i & ,i = 2,3,\ldots,n-1 \\ (\dfrac{\hat{a}_1^2}{1-2\hat{a}_1^2}\displaystyle\sum_{2}^{n-1}\hat{a}_i^{*2})^{1/2} & ,i = 1,n \end{cases}$

เมื่อ $\hat{a}_1^2 = \hat{a}_n^2 = \begin{cases} g(n-1) & ;n \le 20 \\ g(n) & ;n > 20 \end{cases}$

โดยที่ $g(n) = \dfrac{\Gamma\left[\frac{1}{2}(n+1)\right]}{\sqrt{2}\Gamma\left[\frac{1}{2}n+1\right]}$

การประมาณค่า $g(n)$ สามารถทำได้โดยใช้สูตร Stirling's คือ

$$g(n) = \left[\frac{6n+7}{6n+3}\right]\left[\frac{\exp(1)}{n+2}\left(\frac{n+1}{n+2}\right)^{n-2}\right]^{1/2}$$

และ Royston ได้เสนอการแปลงแบบปกติ (Normalized transformation) สำหรับตัวสถิติทดสอบ W โดยที่

$$Y = (1-\mathrm{W})^{\lambda} \quad \text{และ} \quad Z = (Y-\mu_Y)/\sigma_Y$$

โดยที่ Z คือตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน $\mathrm{N}(0,1)$

μ_Y คือ ค่าเฉลี่ยของ Y

และ σ_Y คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ Y

ค่าพารามิเตอร์ μ_Y และ σ_Y ถูกประมาณด้วย ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ Y ส่วนการประมาณ λ ต้องใช้วิธีการแยกโพลิโนเมียลใน $\log(n)-d$ โดยที่ d =3 สำหรับ $n \le 20$ และ d =5 สำหรับ $21 \le n \le 2,000$ และคำนวณค่าจากสูตร $\sum c_i(\log(n)-d)^i$ โดยที่ตาราง polynomial coefficients สำหรับการคำนวณค่า λ, $\log_e(\mu_Y)$ และ $\log_e(\sigma_Y)$ ในการแปลงตารางการแจกแจงแบบปกติ แสดงในตารางที่ 37 ในภาคผนวก ข

ตัวอย่างที่ 3 การคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ W ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ข้อมูลตัวอย่างขนาด 7 ได้แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อมูลตัวอย่างในการคำนวณตัวสถิติทดสอบ W

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
6	1	-4	8	-2	5	0

สมมติฐานในการทดสอบคือ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

H_1 : ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

ขั้นตอนในการคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ W มีดังนี้

1. เรียงลำดับข้อมูลใหม่ และคำนวณหาค่า s^2 ได้ดังนี้

ตารางที่ 6 การคำนวณค่าต่างๆ ของตัวสถิติทดสอบ W

i	$x_{(i)}$	$(x_{(i)}-\overline{x})^2$
1	-4	36
2	-2	16
3	0	4
4	1	1
5	5	9
6	6	16
7	8	36
ผลรวม	14	118

ให้ $s^2 = \sum_{i=1}^{n}(x_{(i)} - \bar{x})$ = 118

2. คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ W

จากตารางที่ 35 ในภาคผนวก ข แสดงค่าสัมประสิทธิ์เมื่อ n = 7 จะได้

a_7 = 0.6233, a_6 = 0.3031, a_5 = 0.1401, a_4 = 0.000

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

= 0.6233 (8 - (-4)) + 0.3031 (6 - (-2)) + 0.1401 (5-0)

= 10.6049

ค่าตัวสถิติทดสอบ $\mathrm{W} = \dfrac{b^2}{s^2} = \dfrac{(10.6049)^2}{118}$

= 0.9530

3. ทำการแปลงตัวสถิติทดสอบ W เป็นการแจกแจงแบบปกติ และหาค่า p-value

ในที่นี้ n = 7 ดังนั้น d = 3 จะได้ $\log(n) - d$ = log(7) – 3 = -1.054

สามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังนี้

λ = 0.118898 + 0.133414(-1.054) + 0.327907(-1.054)^2

= 0.3426

$\log_e(\mu_Y)$ = -0.37542 + (-0.49215)(-1.054) + (-1.12433)(-1.054)^2 + (-0.19942) (-1.054)^3

= -0.8723

μ_Y = 0.4180

$\log_e(\sigma_Y)$ = -3.15805 + (0.729399)(-1.054) + (3.01855)(-1.054)^2 + (1.588776) (-1.054)^3

= -2.3986

σ_Y = 0.0908

ค่าตัวสถิติทดสอบ $z = (y - \mu_Y)/\sigma_Y = [(1-\mathrm{W})^{\lambda} - \mu_Y]/\sigma_Y$

= [(1-0.9530)$^{0.3426}$ – 0.4180]/0.0908

= -0.7395

$\therefore$ ค่า p-value ของตัวสถิติทดสอบ z = 0.4596 > 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 นั่นคือข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ภายใต้ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวสถิติทดสอบของ D' Agostino หรือ ตัวสถิติทดสอบ D

ในปี ค.ศ. 1971 D' Agostino ได้สร้างตัวสถิติทดสอบโดยดัดแปลงมาจากตัวสถิติทดสอบของ Shapiro และ Wilk ขั้นตอนในการหาตัวสถิติทดสอบ ดังนี้

ให้ $X_1,...,X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มขนาด n โดยที่ $X_{(1)} \le X_{(2)} \le ... \le X_{(n)}$ เป็นสถิติลำดับโดยมีค่าคือ $x_{(1)} \le x_{(2)} \le ... \le x_{(n)}$ และตัวสถิติทดสอบ D คือ

$$\mathrm{D} = \frac{T}{n^2 S}$$

โดยที่

$$T = \sum_{i=1}^{n}\left[\left\{i - \frac{1}{2}(n+1)\right\} X_{(i)}\right]$$

และ

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

ภายใต้การแจกแจงแบบปกติ เมื่อ $\mathrm{E(D)}$ คือค่าคาดหวังของ D และ $\mathrm{SD(D)}$ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ D จะได้ว่า

$$\mathrm{E(D)} = \frac{(n-1)}{2\sqrt{2n\pi}} \frac{\Gamma(\frac{1}{2}n - \frac{1}{2})}{\Gamma(\frac{1}{2}n)} = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} = 0.28209479$$

$$\mathrm{SD(D)} = \left\{\frac{12\sqrt{3} - 37 + 2\pi}{24\pi n}\right\}^{1/2} = \frac{0.02998598}{\sqrt{n}}$$

ทำการแปลง D ให้เป็น Z ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน จะได้

$$\mathrm{Z} = \frac{\mathrm{D} - \mathrm{E(D)}}{\mathrm{SD(D)}} = \frac{\mathrm{D} - (2\sqrt{\pi})^{-1}}{\mathrm{SD(D)}} = \frac{\sqrt{n}(\mathrm{D} - 0.28209479)}{0.02998598}$$

จากการศึกษาพบว่า ถ้าหากการแจกแจงมีความโด่งน้อยกว่า 3 ค่าของ Z จะมีค่ามากกว่า 0 และถ้าหากการแจกแจงมีความโด่งมากกว่า 3 ค่าของ Z จะมีค่าน้อยกว่า 0

เกณฑ์ในการตัดสินใจ จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อค่า p-value ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าระดับ α ที่กำหนด

ตัวอย่างที่ 4 การคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ D ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

ข้อมูลตัวอย่างขนาด 10 ได้แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ข้อมูลตัวอย่างในการคำนวณตัวสถิติทดสอบ D

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

สมมติฐานในการทดสอบคือ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

H_1 : ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

ขั้นตอนในการหาคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ D มีดังนี้

1. เรียงลำดับข้อมูลใหม่ และคำนวณหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 8 การคำนวณค่าต่างๆ ของตัวสถิติทดสอบ D

i	$x_{(i)}$	$(x_{(i)}-\overline{x})^2$	$i-\frac{1}{2}(n+1)$	$\left\{i-\frac{1}{2}(n+1)\right\}X_i$
1	148	309.76	-4.5	-666
2	154	134.56	-3.5	-539
3	158	57.76	-2.5	-395
4	160	31.36	-1.5	-240
5	161	21.16	-0.5	-80.5
6	162	12.96	0.5	81
7	166	0.16	1.5	249
8	170	19.36	2.5	425
9	182	268.96	3.5	637
10	195	864.36	4.5	877.5
ผลรวม	1,656	1,720.40		349

โดยที่ $\overline{x} = \sum_{i=1}^{n}\frac{x_{(i)}}{n} = \frac{1,656}{10} = 165.6$

$$s^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_{(i)} - \bar{x})}{n} = \frac{1,720.40}{10} = 172.040$$

$$s = \sqrt{172.040} = 13.1164$$

2. คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ D

$$\mathrm{D} = \frac{T}{n^2 S}$$

$$= \frac{349}{(10^2)(13.1164)} = 0.2661$$

3. ทำการแปลงตัวสถิติทดสอบ D เป็นการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน และหาค่า p-value

$$\mathrm{Z} = \frac{\sqrt{10}(0.2661 - 0.28209479)}{0.02998598} = -1.68$$

$\therefore$ ค่า p-value = 0.093> 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 นั่นคือข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ภายใต้ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวสถิติทดสอบของ D’Agostino **และ** Pearson **หรือ ตัวสถิติทดสอบ** K^2

D’Agostino and Pearson ได้เสนอตัวสถิติทดสอบ K^2 ในปี 1990 เพื่อใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยพิจารณาจากสัมประสิทธิ์ความเบ้และความโด่งของการแจกแจง ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ ที่มีองศาอิสระเท่ากับ 2 โดยนำเอาตัวสถิติทดสอบความเบ้ ($\sqrt{\beta_1}$) และ ตัวสถิติทดสอบความโด่ง (β_2) มาสร้างเป็นตัวสถิติทดสอบ K^2 โดยการหาตัวสถิติทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 สร้างตัวสถิติทดสอบความเบ้

$$Z(\sqrt{b_1}) = \delta_1 \ln(U / c_1 + \left\{ (U / c_1)^2 + 1 \right\}^{1/2})$$

โดยที่

$$\delta_1 = \frac{1}{\sqrt{\ln W}}$$

$$W^2 = -1 + \left\{ 2\beta_2(\sqrt{b_1}) - 1 \right\}^{1/2}$$

$$c_1 = \left(\frac{2}{W^2 - 1} \right)^{1/2}$$

$$U = \sqrt{b_1} \left\{ \frac{(n+1)(n+3)}{6(n-2)} \right\}^{1/2}$$

$$\sqrt{b_1} = h_3 / h_2^{3/2} \; ; \; h_k = \sum_{i=1}^{n} \frac{(X_i - \bar{X})^k}{n}$$

$$\beta_2(\sqrt{b_1}) = \frac{3(n^2+27n-70)(n+1)(n+3)}{(n-2)(n+5)(n+7)(n+9)}$$

โดยที่ $Z(\sqrt{b_1})$ มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

ส่วนที่ 2 สร้างตัวสถิติทดสอบความโด่ง

$$Z(b_2) = \frac{\left[1-(\frac{2}{9B})\right]-\left[\frac{1-(2/B)}{1+c_2\sqrt{2/(b-4)}}\right]}{\sqrt{2/(9B)}}$$

โดยที่

$$B = 6+\frac{8}{\sqrt{\beta_1(b_2)}}\left[\frac{2}{\sqrt{\beta_1(b_2)}}+\sqrt{1+\frac{4}{\beta_1(b_2)}}\right]$$

$$\sqrt{\beta_1(b_2)} = \frac{6(n^2-5n+2)}{(n+7)(n+9)}\sqrt{\frac{6(n+3(n+5)}{n(n-2)(n-3)}}$$

$$c_2 = \frac{b_2-E(b_2)}{\sqrt{V(b_2)}}$$

$$b_2 = h_4/h_2^2 \; ; \; h_k = \sum_{i=1}^{n}\frac{(x_i-\overline{x})^k}{n}$$

$$E(b_2) = \frac{3(n-1)}{n+1}$$

$$V(b_2) = \frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}$$

โดยที่ $Z(b_2)$ มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

นำ $Z(\sqrt{b_1})$ และ $Z(b_2)$ มาสร้างตัวสถิติทดสอบ K^2 คือ

$$K^2 = Z^2(\sqrt{b_1})+Z^2(b_2)$$

โดยที่ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 2

ตัวอย่างที่ 5 การคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ K^2 ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

ข้อมูลตัวอย่างขนาด 10 ได้แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อมูลตัวอย่างในการคำนวณตัวสถิติทดสอบ K^2

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
10.44	9.32	9.86	10.61	10.06	10.32	9.40	9.33	11.94	9.38

สมมติฐานในการทดสอบคือ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

H_1 : ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

1. นำข้อมูลมาคำนวณหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

$\sqrt{b_1}$	= 1.13002	;	b_2	= 3.64566
U	= 1.95054	;	c_2	= 1.57821
$\beta_2\sqrt{b_1}$	= 3.32043	;	$\sqrt{\beta_1(b_2)}$	= 1.39621
W	= 1.07437	;	B	= 25.4720
δ_1	= 3.73371	;	c_1	= 3.60062
$z(\sqrt{b_1})$	= 1.93479	;	$z(b_2)$	= 1.47417

2. คำนวณค่าสถิติ K^2 และหาค่า p-value

$$\mathrm{K}^2 = z^2(\sqrt{b_1}) + z^2(b_2) = (1.93479)^2 + (1.47417)^2 = 5.91658$$

$\therefore$ ค่า p-value = 0.052> 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 นั่นคือข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ภายใต้ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวสถิติทดสอบของ Cho และ Im หรือตัวสถิติทดสอบ G

ตัวสถิติทดสอบ G นี้ คิดค้นโดย Cho และ Im (2002) เพื่อใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยนำเอาตัวสถิติทดสอบ 2 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบ a_1 ซึ่งเป็นตัวสถิติทดสอบสำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ที่พิจารณาจากความเบ้ที่เบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงแบบปกติ เสนอโดย Geary R.C. ในปี 1935 และตัวสถิติทดสอบ a_2 ซึ่งเป็นตัวสถิติทดสอบสำหรับทดสอบการแจกแจงแบบปกติที่พิจารณาจากความโด่งที่เบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงแบบปกติ ในปี 1947 Cho และ Im ได้นำตัวสถิติทดสอบ 2 ตัวนี้มาสร้างเป็นตัวสถิติทดสอบ G ที่พิจารณาร่วมกันทั้งความเบ้และความโด่ง โดยใช้หลักการสร้างเช่นเดียวกันกับการสร้างตัวสถิติทดสอบของ Bera และ Jaque หรือ ตัวสถิติทดสอบ BJ (Bera and Jaque test statistic or BJ test statistic)

จากตัวสถิติทดสอบ BJ คือ

$$BJ = n\left[\frac{(\sqrt{b_1})^2}{6} + \frac{(b_2-3)^2}{24}\right]$$

โดยที่ $\sqrt{b_1}$ และ b_2 เป็นความเบ้และความโด่ง ตามลำดับ

ซึ่ง $\sqrt{b_1} = h_3 / h_2^{3/2}$ และ $b_2 = h_4 / h_2^2$

โดยที่ $h_k = \sum_{i=1}^{n} \frac{(X_i - \bar{X})^k}{n}$

ดังนั้น Cho และ Im (2002) ได้นำตัวสถิติทดสอบ a_1 และ ตัวสถิติทดสอบ a_2 มาสร้างตัวสถิติทดสอบ G โดยใช้หลักการเช่นเดียวกับการทดสอบ BJ ดังนี้

ตัวสถิติทดสอบ $a_1 \quad = \quad \dfrac{(1/n)\sum_{i=1}^{n}\left|X_i - \bar{X}\right|}{\hat{\sigma}}$

และ ตัวสถิติทดสอบ $a_2 \quad = \quad \dfrac{1}{n\hat{\sigma}^2}\left\{ \sum_{x_i-\bar{x}>0}\left|X_i - \bar{X}\right|^2 - \sum_{x_i-\bar{x}<0}\left|X_i - \bar{X}\right|^2 \right\}$

โดยที่ $a_1 \sim N(\sqrt{\frac{2}{\pi}}, 1-\frac{3}{\pi})$ และ $a_2 \sim N(0, 3-\frac{8}{\pi})$

ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ G คือ

$$G \quad = \quad n\left[\frac{(a_1-\sqrt{2/\pi})^2}{1-(3/\pi)} + \frac{a_2^2}{3-(8/\pi)}\right]$$

โดยที่ ตัวสถิติทดสอบ G มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ ที่มีองศาอิสระเท่ากับ 2

ตัวอย่างที่ 6 การคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ G ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ข้อมูลตัวอย่างขนาด 20 ได้แสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ข้อมูลตัวอย่างในการคำนวณตัวสถิติทดสอบ G

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
120	135	125	100	150	145	130	105	115	105
x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}	x_{20}
120	145	130	160	155	130	125	110	140	150

สมมติฐานในการทดสอบคือ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

H_1 : ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

1. นำข้อมูลมาคำนวณหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 11 การคำนวณค่าต่างๆ ของตัวสถิติทดสอบ G

x_i	$x_i - \overline{x}$	$(x_i - \overline{x})^2$
120	-9.75	95.0625
135	5.25	27.5625
125	-4.75	22.5625
100	-29.75	885.0625
150	20.25	410.0625
145	15.25	232.5625
130	0.25	0.0625
105	-24.75	612.5625
115	-14.75	217.5625
105	-24.75	612.5625
120	-9.75	95.0625
145	15.25	232.5625
130	0.25	0.0625
160	30.25	915.0625
155	25.25	637.5625
130	0.25	0.0625
125	-4.75	22.5625
110	-19.75	390.0625
140	10.25	105.0625
150	20.25	410.0625

โดยที่ $$\overline{x} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_{(i)}}{n} = \frac{2,595}{20} = 129.75$$

$$\sum_{x_i - \overline{x} > 0} |x_i - \overline{x}|^2 = 2,970.69$$

$$\sum_{x_i - \overline{x} < 0} |x_i - \overline{x}|^2 = 2,953.06$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{5,923.75}{20} = 296.188 \quad ; \quad \hat{\sigma} = 17.2101$$

$$a_1 = \frac{(285.5/20)}{17.2101} = 0.8294$$

$$a_2 = \frac{1}{20(296.188)}\left[2{,}970.69 - 2{,}953.06\right] = 0.0029$$

2. คำนวณค่าสถิติ G และหาค่า p-value

$$G = 20\left[\frac{(0.8294-\sqrt{\frac{2}{\pi}})^2}{1-\frac{3}{\pi}} + \frac{(0.0029)^2}{3-\frac{8}{\pi}}\right] = 0.443$$

$\therefore$ ค่า p-value- 0.8013> 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 นั่นคือข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ภายใต้ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รวมพร เรืองโรจน์ (2543) ศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบสำหรับการแจกแจงแบบปกติ โดยใช้ ตัวสถิติทดสอบไคสแควร์ ตัวสถิติทดสอบของ Shapiro และ Wilk (ตัวสถิติทดสอบ W) และตัวสถิติทดสอบ Shapiro และ Francia ด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล เมื่อกำหนดการแจกแจงแบบปกติ และการแจกแจงแบบปกติปลอมปนโดยปรับการกระจายของข้อมูลออกเป็นแต่ละสเกลแฟคเตอร์ (σ) คือ 3, 5, 7 และ 10 และเปอร์เซ็นต์การปลอมปนเป็น 5%, 10%, 20% และ 30% ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 30, 50 และ 100 ตามลำดับ และกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.01, 0.05 และ 0.10 โดยทำการจำลองแบบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ 1,000 ครั้ง สำหรับในแต่ละลักษณะ ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ สรุปผลได้ว่า

ตัวสถิติทดสอบไคสแควร์ และตัวสถิติทดสอบของ Shapiro และ Francia สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 100 ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ Shapiro และ Francia มีอำนาจการทดสอบมากกว่าตัวสถิติทดสอบไคสแควร์ อย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มขนาดตัวอย่าง ระดับนัยสำคัญ และเปอร์เซ็นต์การปลอมปน มีผลทำให้อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบไคสแควร์ เพิ่มขึ้น การเพิ่มขนาดตัวอย่างระดับนัยสำคัญ และสเกลแฟคเตอร์ มีผลให้ทำให้ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ Shapiro และ Francia มีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้น

รุ้งรวี เอื้อเจริญทรัพย์ (2544) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบสำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 4 ตัวได้แก่ ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ KS ตัว

สถิติทดสอบ KS แบบ delta-corrected และ ตัวสถิติทดสอบ KS แบบ two-stage delta-corrected ประชากรที่ศึกษาคือ ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ และการแจกแจงแบบไม่ปกติ 38 ลักษณะที่มีค่าเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 100 และความแปรปรวนของประชากรเท่ากับ 100 ใช้ขนาดตัวอย่าง 10 20 30 และ 35 กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 3 ระดับ คือ 0.01 0.05 และ 0.10 จำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอลติคาร์โล จำนวน 500 ครั้ง สรุปผลได้ว่า

ตัวสถิติทดสอบ W เป็นตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุดรองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ KS แต่ตัวสถิติทดสอบ KS ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 20 และ 35 ตัวสถิติทดสอบ KS แบบ delta-corrected และ ตัวสถิติทดสอบ KS แบบ two-stage delta-corrected ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อขนาดตัวอย่าง 10 และ 20 ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดรองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ KS แบบ two-stage delta-corrected ส่วนตัวสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบต่ำที่สุด ตัวสถิติทดสอบ W สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้และมีอำนาจการทดสอบสูงในทุกสถานการณ์ของข้อมูลที่ศึกษา

David and Patrick (1997) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบสำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 3 ตัว ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ D และตัวสถิติทดสอบ K^2 โดยศึกษาประชากรที่มีการแจกแจงที่ไม่สมมาตร 22 ลักษณะ ขนาดตัวอย่าง 20 50 และ 100 กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ เท่ากับ 0.05 สรุปผลได้ว่า

ตัวสถิติทดสอบ A มีอำนาจการทดสอบสูงในกรณีที่การแจกแจงของประชากรเป็นแบบเบ้ ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงในกรณีที่การแจกแจงของประชากรมีความโด่งต่ำ และ ตัวสถิติทดสอบ D มีอำนาจการทดสอบสูงในกรณีที่การแจกแจงของประชากรมีความโด่งสูง

Zhang (1999) ศึกษาการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 5 ตัว ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ Shapiro และ Francia ตัวสถิติทดสอบ Q ตัวสถิติทดสอบ D และ ตัวสถิติทดสอบ A ด้วยเทคนิคมอนติคาโล เมื่อกำหนดการแจกแจงแบบปกติและการแจกแจงแบบไม่ปกติขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50 และ 100 ส่วนตัวสถิติทดสอบ W กำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20 และ 50 เท่านั้น กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 โดยทำการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ 1,000 ครั้ง ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบแต่ละลักษณะสรุปผลได้ว่า

ตัวสถิติทดสอบ Q สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อตัวอย่างมีขนาดน้อยกว่า 50 ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ Shapiro และ Francia และตัวสถิติทดสอบ D เมื่อตัวอย่างมีขนาดมากกว่า 50 ตัวสถิติทดสอบ Q มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าการทดสอบ Shapiro และ Francia ตัวสถิติทดสอบ Q มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ D ตัวสถิติทดสอบ A และ ตัวสถิติทดสอบ Shapiro และ Francia

Cho and Im (2002) ได้ทำการศึกษาตัวสถิติทดสอบ a_1 และ a_2 ของ Geary ในปี 1935 และ 1947 โดยนำมาสร้างตัวสถิติทดสอบ G เพื่อใช้การทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ทำทั้งหมด 10,000 ซ้ำ โดยทำการเปรียบเทียบกับตัวสถิติทดสอบ BJ (Bera-Jarque test statistic) สรุปผลได้ว่า

กรณีที่เป็นการแจกแจงแบบ Uniform อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ BJ มีค่าสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ G โดยเมื่อขนาดตัวอย่างเป็น 200 อำนาจการทดสอบของทั้งสองตัวสถิติทดสอบมีค่าเข้าใกล้ 1 กรณีที่เป็นการแจกแจงแบบ Beta (2,2) อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ BJ มีค่าต่ำเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 แต่จะดีขึ้นเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างมากกว่า 200 ส่วนกรณีที่เป็นการแจกแจงแบบ Double exponential ตัวสถิติทดสอบ G จะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ BJ กรณีที่เป็นการแจกแจงแบบ t เมื่อองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 3 ตัวสถิติทดสอบทั้งสองตัว มีอำนาจการทดสอบเท่ากัน แต่เมื่อองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 6 หรือ 10 ตัวสถิติทดสอบ BJ มีอำนาจการทดสอบสูงกว่า แต่เมื่อองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 1 หรือ 2 ตัวสถิติทดสอบ G จะมีอำนาจการทดสอบที่สูงกว่า กรณีที่เป็นการแจกแจงแบบ Chi-square เมื่อองศาแห่งความเป็นอิสระ มีค่าตั้งแต่ 1-15 อำนาจของการทดสอบทั้งสองตัวมีความใกล้เคียงกัน และ กรณีที่เป็นการแจกแจงแบบ Log normal และการแจกแจงแบบปกติแบบผสม ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ BJ

Seier (2003) ศึกษาการเปรียบเทียบของการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล 10 วิธี ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ D ตัวสถิติทดสอบ *Z* เสนอโดย Royston ในปี 1992 ตัวสถิติทดสอบ QH^* เสนอโดย Chen and Shapiro ในปี 1995 ตัวสถิติทดสอบ Q เสนอโดย Zhang ในปี 1999 ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ $G^2_{(1)}$ และ $G^{2^*}_{(1)}$ เสนอโดย Oja ในปี 1983 โดยมีการแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้ การทดสอบโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่าง (Empirical Distribution Function) การทดสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ และการทดสอบด้วยความเบ้และความโด่ง กำหนดการ

แจกแจงแบบปกติและการแจกแจงแบบไม่ปกติ และกำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 50 และ 100 เป็นตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ โดยที่ตัวสถิติทดสอบ W ทำการศึกษาที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 50 และกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.01, 0.05 และ 0.10 โดยทำการจำลองแบบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ 50,000 ครั้ง ด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล จากการศึกษาทั้ง 3 ลักษณะพบว่า

ประเภทของการทดสอบด้วยการวิเคราะห์และถดถอยและสหสัมพันธ์ ได้แก่ตัวสถิติทดสอบ QH^* มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ Q เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงเป็นแบบสมมาตรโดยมีความโด่งสูงๆ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ $G^2_{(1)}$ และ ตัวสถิติทดสอบ $G^{2*}_{(1)}$ จะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าการทดสอบแบบอื่น นอกจากนี้ เมื่อกำหนดการแจกแจงแบบปกติแบบปลอมปน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวสถิติทดสอบ $G^{2*}_{(1)}$ อาจมีค่าสูงกว่า หรือน้อยกว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงหลัก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบ KS, ตัวสถิติทดสอบ A, ตัวสถิติทดสอบ W, ตัวสถิติทดสอบ D, ตัวสถิติทดสอบ K^2, ตัวสถิติทดสอบ G

ในการทำวิจัยนี้ศึกษาโดยการจำลองแบบข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ

ขอบเขตของการจำลองแบบข้อมูล

1. ผู้วิจัยทำการจำลองข้อมูลมาจากประชากรที่มีลักษณะต่างๆ 7 กลุ่ม ดังนี้

1.1 การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ได้แก่ N(0,1)

1.2 การแจกแจงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน คือการแจกแจงแบบทีที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 100 ได้แก่ t_{100}

1.3 การแจกแจงแบบ Contaminated Normal คือการแจกแจงแบบ $\mathrm{pN}(0,\sigma^2)+(1-\mathrm{p})\mathrm{N}(0,1)$ โดยที่ p = 0.1 และ 0.3 , σ = 3, 5 และ 7

1.4 การแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งต่ำ คือการแจกแจงแบบเบต้า ได้แก่ B(2,2) และ B(5,5)

1.5 การแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งสูง คือการแจกแจงแบบทีได้แก่ t_{10} t_{20} และ t_{30} การแจกแจงแบบลาปลาสได้แก่ LP(1,3)

1.6 การแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งต่ำ คือการแจกแจงเบต้าได้แก่ B(1,2) B(2,1) B(2,5) และ B(5,2) การแจกแจงแบบไวบูลได้แก่ Weibull(3,1) และ Weibull(4,1)

1.7 การแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งสูง คือการแจกแจงไคสแควร์ ได้แก่ χ^2_1 χ^2_{10} χ^2_{30} และ χ^2_{100} การแจกแบบแกมมาได้แก่ G(0.5,1), G(1,1), G(3,1) และ G(10,1) การแจกแจงแบบไวบูลได้แก่ Weibull(2,1)

2. กำหนดขนาดตัวอย่าง คือ 10, 20, 50 และ 100

3. กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.01, 0.05 และ 0.10

ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะดำเนินงานตามขั้นตอนโดยแยกเป็น 2 กรณี ดังนี้

1. ขั้นตอนในการคำนวณค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

1.1. จำลองข้อมูลแต่ละขนาดจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน N(0,1)

1.2. คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว เมื่อได้ค่าตัวสถิติทดสอบแต่ละตัวให้คำนวณค่า p-value

1.3. สรุปผลการยอมรับหรือการปฏิเสธสมมติฐานว่าง ในแต่ละระดับนัยสำคัญ

1.4. ทำซ้ำข้อ 1.1-1.3 จนครบ 1,000 ครั้ง แล้วทำการประมาณค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ด้วยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) ดังนี้

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

ถ้าค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบสำหรับแต่ละขนาดตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วงที่ได้กำหนดไว้ในเกณฑ์ของการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบ จะถือว่าตัวสถิติทดสอบนั้นมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

2. ขั้นตอนการคำนวณอำนาจการทดสอบ

2.1. จำลองข้อมูลแต่ละขนาดจากประชากรที่กำหนด ได้แก่ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบไคสแควร์ การแจกแจงแบบเบต้า การแจกแจงแบบแกมมา การแจกแจงแบบไวบูล และการแจกแจงแบบลาปลาส

2.2. คำนวณค่าตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว เมื่อได้ค่าตัวสถิติทดสอบแต่ละตัวให้คำนวณค่า p-value

2.3. สรุปผลการยอมรับหรือการปฏิเสธสมมติฐานว่าง ในแต่ละระดับนัยสำคัญ

2.4. ทำซ้ำข้อ 2.1-2.3 จนครบ 1,000 ครั้ง แล้วทำการประมาณค่าอำนาจการทดสอบ ด้วยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ดังนี้

$$\text{ค่าประมาณของอำนาจการทดสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_1 \text{ เป็นจริง}}{1{,}000}$$

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน 6 ตัว โดยการทดสอบที่เลือกมาทำการศึกษา คือ ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ D ตัวสถิติทดสอบ K^2 และ ตัวสถิติทดสอบ G

โดยสร้างข้อมูลภายใต้การแจกแจงแบบต่างๆ ทั้งหมด 33 ลักษณะ ประกอบด้วยการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน 1 ลักษณะ การแจกแจงแบบ Contaminated Normal จำนวน 9 ลักษณะ และการแจกแจงแบบไม่ปกติอีก 23 ลักษณะ โดยมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ กัน ขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษามี 4 ขนาด คือ 10 แทนตัวอย่างขนาดเล็ก 20 แทนตัวอย่างขนาดกลางและ 50 และ 100 แทนตัวอย่างขนาดใหญ่ โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. ตัวอย่างขนาด 10 ใช้เปรียบเทียบเฉพาะตัวสถิติทดสอบ 5 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ D และ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ยกเว้นตัวสถิติทดสอบ G

2. ตัวอย่างขนาด 20, 50 และ 100 ใช้เปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ D ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ G

กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับคือ 0.01, 0.05 และ 0.10 ในแต่ละสถานการณ์ ทำการจำลองข้อมูลจำนวน 1,000 ซ้ำ แล้วทำการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัวที่ทำการศึกษา

การเสนอผลวิจัยทำโดยการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากนั้นจึงทำการ

พิจารณาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่ทำการศึกษา เฉพาะที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น ซึ่งจะนำเสนอในรูปแบบของตารางและกราฟเพื่อความสะดวกในการอธิบายผล

ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ในการวิจัยครั้งนี้หากพบว่าตัวสถิติทดสอบใดมีค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด คือ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 มีค่าอยู่ในช่วง [0.002, 0.018] ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าอยู่ในช่วง [0.036, 0.063] ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 มีค่าอยู่ในช่วง [0.084, 0.115] จึงสรุปได้ว่าตัวสถิติทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในระดับนัยสำคัญนั้นๆ

ในตารางที่ 12 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน สำหรับขนาดตัวอย่างเป็น 10, 20, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

ในการพิจารณาผลการวิเคราะห์จะแสดงการเปรียบเทียบค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยจะแสดงผลในตารางและกราฟที่สำคัญประกอบการอธิบายผลด้วย ทั้งนี้ได้กำหนดสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

KS แทน ตัวสถิติทดสอบ KS

A แทน ตัวสถิติทดสอบ A

W แทน ตัวสถิติทดสอบ W

D แทน ตัวสถิติทดสอบ D

K2 แทน ตัวสถิติทดสอบ K^2

G แทน ตัวสถิติทดสอบ G

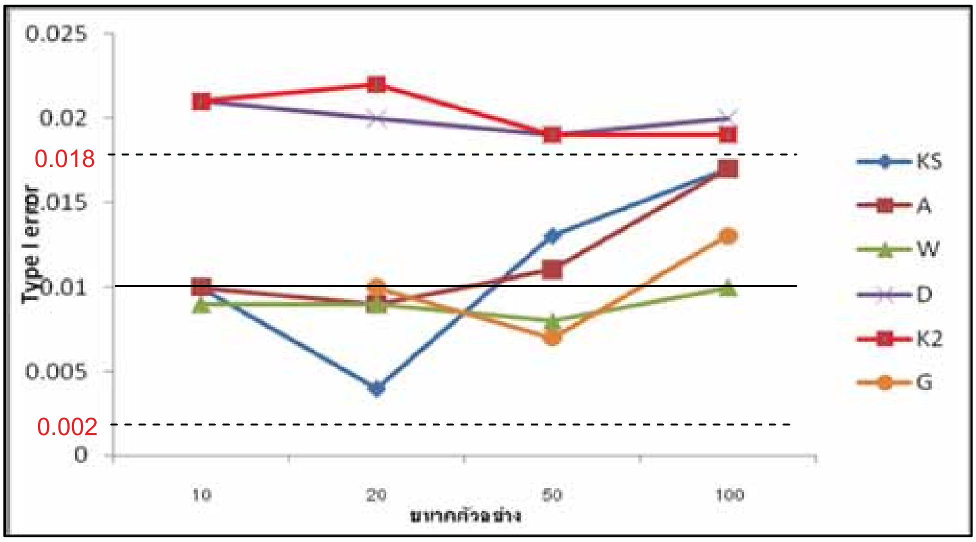
ตารางที่ 12 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน N(0,1)ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 สำหรับขนาดตัวอย่าง (n) 10, 20, 50 และ 100

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ					
		KS	A	W	D	K2	G
				n = 10			
N(0,1)	0.01	0.010	0.010	0.009	**0.021**	**0.021**	-
	0.05	0.051	0.046	0.043	**0.074**	0.060	-
	0.10	0.110	0.108	0.103	0.113	0.096	-
				n = 20			
	0.01	0.004	0.009	0.009	**0.020**	**0.022**	0.010
	0.05	0.057	0.051	0.054	**0.085**	0.058	0.049
	0.10	0.095	0.092	0.085	**0.116**	0.091	0.087
				n = 50			
	0.01	0.013	0.011	0.008	**0.019**	**0.019**	0.007
	0.05	0.055	0.053	0.040	**0.064**	0.060	0.043
	0.10	0.101	0.102	0.093	**0.120**	0.084	0.085
				n = 100			
	0.01	0.017	0.017	0.010	**0.020**	**0.019**	0.013
	0.05	0.044	0.046	0.044	**0.064**	0.059	0.050
	0.10	0.093	0.096	0.095	**0.116**	0.101	0.088

ค่าตัวเข้ม หมายถึง กรณีที่ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

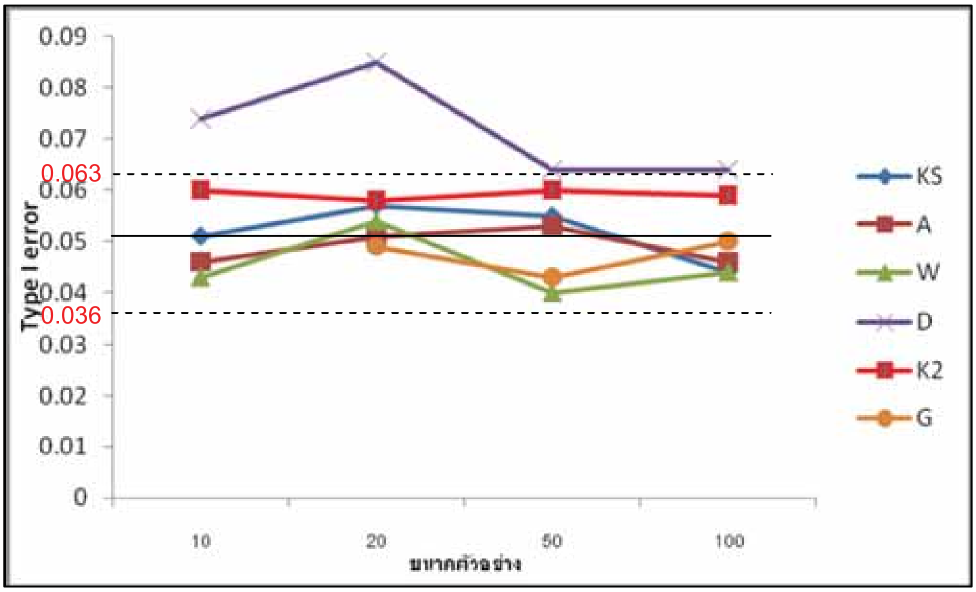
- หมายถึง กรณีที่ไม่ศึกษา

รายละเอียดของค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ภายใต้การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน N(0,1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 จากตารางที่ 12 สามารถนำเสนอในกราฟที่ 8-10 ตามลำดับ



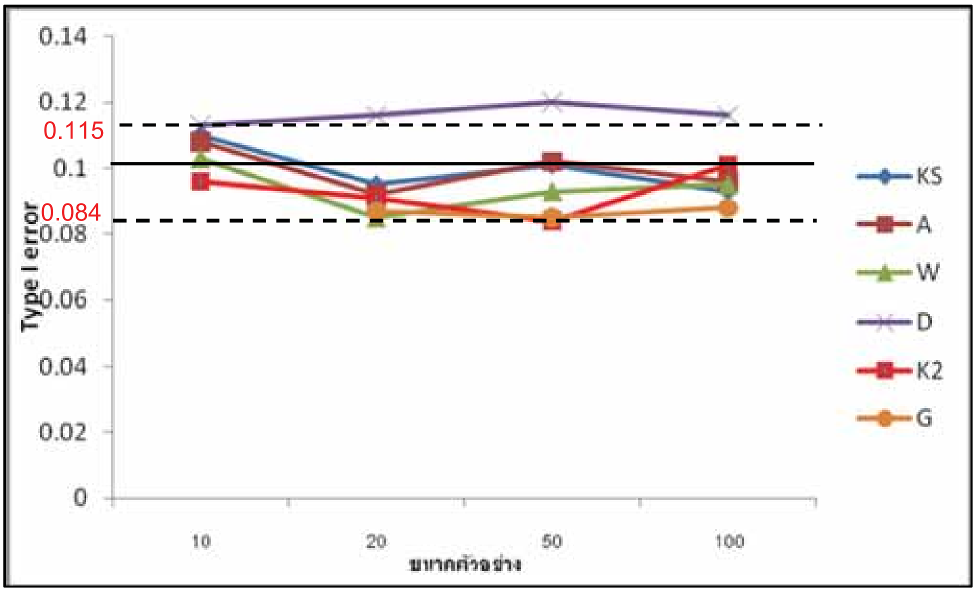
กราฟที่ 8 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัวภายใต้การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน N(0,1) เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.01

จากกราฟที่ 8 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ G สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ แต่ตัวสถิติทดสอบ K^2 และ ตัวสถิติทดสอบ D ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในทุกขนาดตัวอย่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยที่ตัวสถิติทดสอบ KS และตัวสถิติทดสอบ A มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W สำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 เมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างมากขึ้น พบว่า ตัวสถิติทดสอบ W สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีขึ้น รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ



กราฟที่ 9 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัวภายใต้การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน N(0,1) เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

จากกราฟที่ 9 พบว่าเมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05 ตัวสถิติทดสอบ D ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ตัวสถิติทดสอบ KS สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ K^2 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างเป็น 20, 50 และ 100 ตัวสถิติทดสอบ G และ ตัวสถิติทดสอบ A สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ K^2 ตามลำดับ



กราฟที่ 10 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัวภายใต้การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน N(0,1) เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.10

จากกราฟที่ 10 พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ทุกตัวสถิติทดสอบสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ โดยที่ตัวสถิติทดสอบ W มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ KS และตัวสถิติทดสอบ D ตามลำดับ และเมื่อขนาดตัวอย่างเป็น 20, 50 และ 100 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ D ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ที่ขนาดตัวอย่าง 20 และ 50 ตัวสถิติทดสอบ KS สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ G ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ตัวสถิติทดสอบ K^2 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด

ผลการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยของแต่ละตัวสถิติทดสอบได้ดังนี้

1. ตัวสถิติทดสอบ KS พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี โดยเฉพาะขนาดตัวอย่างเล็กและขนาดกลาง พบว่าตัวสถิติทดสอบ KS สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เข้าใกล้ระดับนัยสำคัญที่กำหนดมากกว่าตัวอย่างขนาดใหญ่ และควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุดเกือบทุกกรณีเมื่อเทียบกับตัวสถิติทดสอบตัวอื่นๆ

2. ตัวสถิติทดสอบ A พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณีเช่นกัน ส่วนใหญ่ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด ตัวสถิติทดสอบ A มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ค่อนข้างมากรองลงมาจากตัวสถิติทดสอบ KS

3. ตัวสถิติทดสอบ W พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณีเช่นกัน โดยเฉพาะขนาดตัวอย่าง 10, 20 และ 100 ส่วนใหญ่ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าเข้าใกล้ระดับนัยสำคัญที่กำหนด แสดงถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี

4. ตัวสถิติทดสอบ D พบว่าไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ยกเว้น ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และระดับนัยสำคัญ 0.10

5. ตัวสถิติทดสอบ K^2 พบว่าเฉพาะที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในทุกขนาดตัวอย่าง แต่ที่ขนาดตัวอย่างขนาดใหญ่ (100) ณ ระดับนัยสำคัญ 0.10 พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีเมื่อเทียบกับตัวสถิติทดสอบตัวอื่นๆ

6. ตัวสถิติทดสอบ G พบว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี โดยเฉพาะขนาดตัวอย่าง 20 ระดับนัยสำคัญ 0.01 และขนาดตัวอย่าง 100 ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าเท่ากับระดับนัยสำคัญที่กำหนด

การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

ในการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของแต่ละตัวสถิติทดสอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของข้อมูล เป็นการเปรียบเทียบค่าประมาณของอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ พิจารณาเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น แบ่งการพิจารณาเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. ในการวิจัยครั้งนี้ได้ตัดตัวสถิติทดสอบ D ออกจากการพิจารณาเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบ จึงทำการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ G ในทุกระดับนัยสำคัญและทุกขนาดตัวอย่าง ส่วนตัวสถิติทดสอบ K^2 นำมาเปรียบเทียบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 ในทุกขนาดตัวอย่าง เนื่องจาก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ในทุกขนาดตัวอย่าง ตัวสถิติทดสอบ K^2 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

2. การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบนั้น ทำการเปรียบเทียบในกลุ่มของข้อมูลมาจากประชากรที่มีลักษณะต่างๆ 6 กลุ่ม ดังนี้

2.1 การแจกแจงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมาตรฐาน คือการแจกแจงแบบที ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 100 ได้แก่ t_{100}

2.2 การแจกแจงแบบ Contaminated Normal คือการแจกแจงแบบ $pN(0,\sigma^2)+(1-p)N(0,1)$ โดยที่ p = 0.1 และ 0.3 , σ = 3, 5 และ 7

2.3 การแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งต่ำ คือการแจกแจงแบบเบต้า ได้แก่ B(2,2) และ B(5,5)

2.4 การแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งสูง คือการแจกแจงแบบทีได้แก่ t_{10} t_{20} และ t_{30} การแจกแจงแบบลาปลาสได้แก่ LP(1,3)

2.5 การแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งต่ำ คือการแจกแจงเบต้าได้แก่ B(1,2) B(2,1) B(2,5) และ B(5,2) การแจกแจงแบบไวบูลได้แก่ Weibull(3,1) และ Weibull(4,1)

2.6 การแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งสูง คือการแจกแจงไคสแควร์ ได้แก่ χ^2_1 χ^2_{10} χ^2_{30} และ χ^2_{100} การแจกแบบแกมมาได้แก่ G(0.5,1), G(1,1), G(3,1) และ G(10,1) การแจกแจงแบบไวบูลได้แก่ Weibull(2,1)

ในตารางต่อไปนี้ขอใช้

ค่าตัวเข้ม หมายถึง อำนาจการทดสอบสูงสุด

- หมายถึง กรณีที่ไม่ศึกษา หรือไม่พิจารณาอำนาจของการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

2.1 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบเป็นค่าประมาณของอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบกรณีการแจกแจงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมาตรฐาน คือการแจกแจงแบบที ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 100 ได้แก่ t_{100} ได้แสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว กรณีข้อมูลสุ่มมาจากการแจกแจงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมาตรฐาน สำหรับขนาดตัวอย่าง 10, 20, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 10		
t_{100}	0.01	0.014	**0.025**	0.012	-	-
	0.05	0.052	**0.060**	0.053	**0.060**	-
	0.10	**0.107**	0.091	0.100	0.106	-
				n = 20		
	0.01	0.015	**0.026**	0.012	-	0.016
	0.05	0.053	**0.061**	0.054	**0.061**	0.058
	0.10	**0.122**	0.102	0.116	0.116	0.108
				n = 50		
	0.01	0.01	**0.013**	0.01	-	0.011
	0.05	0.050	**0.058**	0.048	0.053	0.047

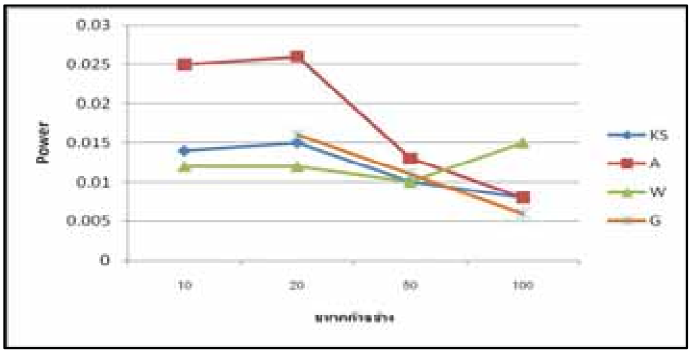
ตารางที่ 13 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 50		
t_{100}	0.10	**0.114**	0.111	0.092	0.100	0.083
				n = 100		
	0.01	0.008	0.008	**0.015**	-	0.006
	0.05	0.048	0.050	**0.066**	0.059	0.046
	0.10	0.113	0.104	**0.129**	0.115	0.112

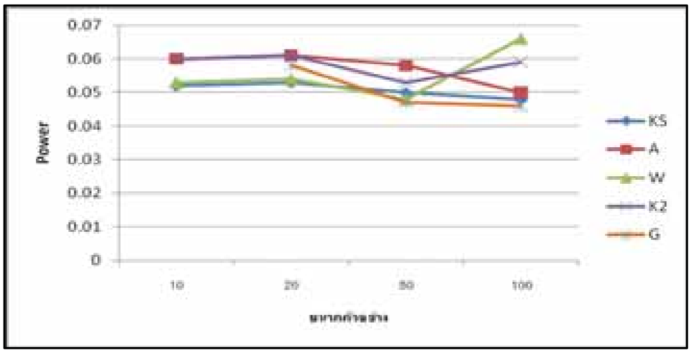
จากตารางที่ 13 ภายใต้การแจกแจงแบบ t_{100} พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบ A มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ในขนาดตัวอย่างที่ 10, 20 และ 50 แต่เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ A และ ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดที่ขนาดตัวอย่าง 10 และ 20 รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างเป็น 50 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ A มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ G และตัวสถิติทดสอบ W ตามลำดับ

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ที่ขนาดตัวอย่าง 10, 20 และ 50 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ G และตัวสถิติทดสอบ A ตามลำดับ ส่วนที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ทุกระดับนัยสำคัญ พบว่า ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ G ตามลำดับ

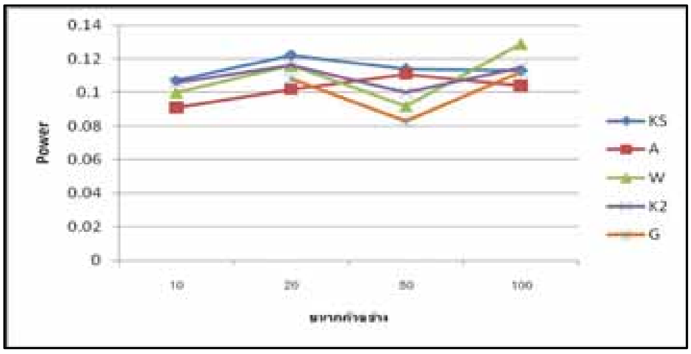
ส่วนรายละเอียดของอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 ได้เสนอในกราฟที่ 11 ดังนี้



α=0.01



α=0.05



α=0.10

กราฟที่ 11 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ t_{100} เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

จากกราฟที่ 11 ภายใต้การแจกแจงแบบ t_{100} ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 20 อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบจะสูงขึ้น โดยที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ตัวสถิติทดสอบ A มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ

KS และตัวสถิติทดสอบ W ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างเป็น 50 กลับพบว่าอำนาจของทุกตัวสถิติทดสอบกลับลดลงเข้าใกล้ระดับนัยสำคัญมากขึ้น ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ทุกตัวสถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบลดลงเช่นกันยกเว้นตัวสถิติทดสอบ W ที่มีอำนาจการทดสอบสูงขึ้น โดยตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 ให้ผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบในทำนองเดียวกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ยกเว้น สถิติ K^2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 และตัวสถิติทดสอบ G ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 มีอำนาจการทดสอบที่สูงขึ้น รองลงมาจากตัวสถิติทดสอบ W

2.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบกรณีการแจกแจงแบบ Contaminated Normal คือการแจกแจงแบบ $pN(0,\sigma^2)+(1-p)N(0,1)$ โดยที่ p = 0.1 และ 0.3 , σ = 3, 5 และ 7 ได้แสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว กรณีข้อมูลสุ่มมาจากการแจกแจงที่มีลักษณะการแจกแจงแบบ Contaminated Normal สำหรับขนาดตัวอย่าง 10, 20, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 10		
$0.1N(0,3^2)+0.9N(0,1)$	0.01	0.062	0.088	**0.099**	-	-
	0.05	0.145	0.182	0.189	**0.251**	-
	0.10	0.224	0.257	0.259	**0.306**	-
				n = 20		
	0.01	0.120	0.204	0.259	-	**0.273**
	0.05	0.194	0.270	0.330	**0.388**	0.333
	0.10	0.283	0.362	0.390	**0.451**	0.407

ตารางที่ 14 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 50		
$0.1N(0,3^2)+0.9N(0,1)$	0.01	0.164	0.332	0.392	-	**0.468**
	0.05	0.303	0.454	0.465	**0.619**	0.544
	0.10	0.426	0.573	0.573	**0.709**	0.620
				n = 100		
	0.01	0.289	0.353	0.301	-	**0.673**
	0.05	0.489	0.703	0.815	**0.856**	0.789
	0.10	0.616	0.785	0.825	**0.886**	0.825
$0.1N(0,5^2)+0.9N(0,1)$				n = 10		
	0.01	0.195	0.261	**0.280**	-	-
	0.05	0.322	0.377	0.385	**0.463**	-
	0.10	0.410	0.456	0.458	**0.505**	-
				n = 20		
	0.01	0.337	0.483	0.538	-	**0.558**
	0.05	0.477	0.597	0.642	**0.713**	0.649
	0.10	0.566	0.662	0.700	**0.728**	0.697
				n = 50		
	0.01	0.645	0.787	0.810	-	**0.861**
	0.05	0.766	0.868	0.864	**0.923**	0.902
	0.10	0.823	0.890	0.880	**0.938**	0.912
				n = 100		
	0.01	0.893	0.957	0.973	-	**0.985**
	0.05	0.994	0.998	**1.000**	**1.000**	0.999
	0.10	0.999	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**

ตารางที่ 14 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 10		
$0.1N(0,7^2)+0.9N(0,1)$	0.01	0.343	0.418	**0.438**	-	-
	0.05	0.451	0.507	0.515	**0.583**	-
	0.10	0.540	0.587	0.589	**0.631**	-
				n = 20		
	0.01	0.556	0.681	0.723	-	**0.732**
	0.05	0.674	0.749	0.782	**0.827**	0.798
	0.10	0.745	0.801	0.809	**0.844**	0.822
				n = 50		
	0.01	0.881	0.944	0.953	-	**0.964**
	0.05	0.925	0.964	0.957	**0.979**	0.970
	0.10	0.958	0.981	0.978	**0.988**	0.986
				n = 100		
	0.01	0.987	0.998	**0.999**	-	**0.999**
	0.05	0.994	0.999	**1.000**	**1.000**	0.999
	0.10	0.999	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**
				n = 10		
$0.3N(0,3^2)+0.7N(0,1)$	0.01	0.070	0.088	**0.090**	-	-
	0.05	0.196	0.234	0.224	**0.280**	-
	0.10	0.292	0.326	0.304	**0.351**	-
				n = 20		
	0.01	0.130	0.208	0.221	-	**0.277**

ตารางที่ 14 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 20		
$0.3N(0,3^2)$+ $0.7N(0,1)$	0.05	0.270	0.382	0.394	**0.430**	0.423
	0.10	0.389	0.478	0.459	**0.518**	0.518
				n = 50		
	0.01	0.336	0.525	0.420	-	**0.594**
	0.05	0.558	0.719	0.616	**0.774**	0.726
	0.10	0.681	0.813	0.699	**0.828**	0.811
				n = 100		
	0.01	0.644	0.856	0.943	-	**0.906**
	0.05	0.856	0.941	0.915	**0.953**	0.946
	0.10	0.893	0.968	0.960	**0.973**	0.950
				n = 10		
$0.3N(0,5^2)$+ $0.7N(0,1)$	0.01	0.234	0.239	**0.266**	-	-
	0.05	0.411	0.426	0.453	**0.486**	-
	0.10	0.557	0.557	0.558	0.608	-
				n = 20		
	0.01	0.472	0.635	0.580	-	**0.650**
	0.05	0.675	0.771	0.747	0.714	**0.800**
	0.10	0.745	0.840	0.811	0.760	**0.853**
				n = 50		
	0.01	0.956	0.970	0.966	-	**0.975**
	0.05	0.964	0.991	0.970	0.944	**0.996**

ตารางที่ 14 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 50		
$0.3N(0,5^2)+ 0.7N(0,1)$	0.10	0.987	0.995	0.981	0.976	0.996
				n = 100		
	0.01	0.997	1.000	1.000	-	1.000
	0.05	1.000	1.000	1.0000	1.000	1.000
	0.10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
				n = 10		
$0.3N(0,7^2)+ 0.7N(0,1)$	0.01	0.404	0.386	0.454	-	-
	0.05	0.626	0.596	0.607	0.684	-
	0.10	0.734	0.706	0.706	0.776	-
				n = 20		
	0.01	0.723	0.846	0.779	-	0.884
	0.05	0.876	0.928	0.907	0.792	0.929
	0.10	0.928	0.956	0.938	0.876	0.959
				n = 50		
	0.01	0.891	0.968	0.903	-	0.971
	0.05	0.999	1.000	0.999	0.989	1.000
	0.10	0.999	1.000	1.000	0.997	1.000
				n = 100		
	0.01	1.000	1.000	1.000	-	1.000
	0.05	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	0.10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 14 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS แต่เมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างเป็น 20, 50 และ 100 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ W หรือตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 50 และ 100 ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ G หรือ ตัวสถิติทดสอบ W ตามลำดับ

ในกรณีที่สัดส่วนการปลอมปนมีสัดส่วน 0.3 และความแปรปรวนเท่ากับ 5^2 และ 7^2 ในขนาดตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ (20, 50 และ 100) ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS และตัวสถิติทดสอบ K^2 ตามลำดับ

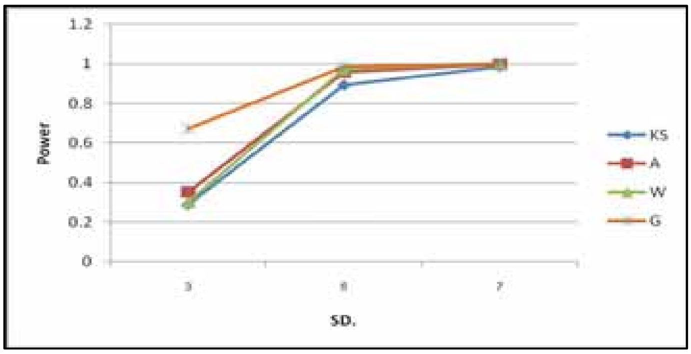
รายละเอียดของค่าอำนาจการทดสอบสามารถสรุปได้เป็น 3 กรณี ดังนี้

1. พิจารณาความแปรปรวนของข้อมูลที่ปลอมปนที่เพิ่มขึ้น
2. พิจารณาสัดส่วนของการปลอมปนที่เพิ่มขึ้น
3. พิจารณาขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น

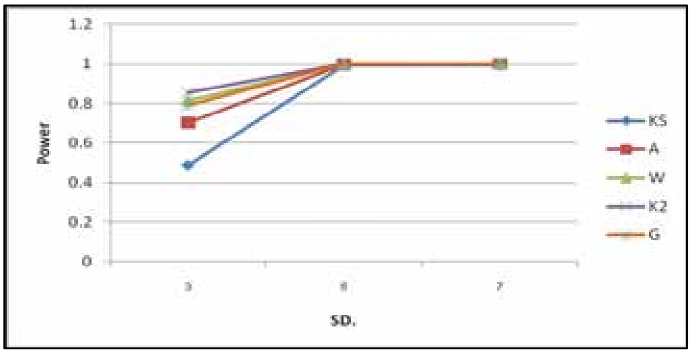
โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. พิจารณาความแปรปรวนของข้อมูลที่ปลอมปนที่เพิ่มขึ้น

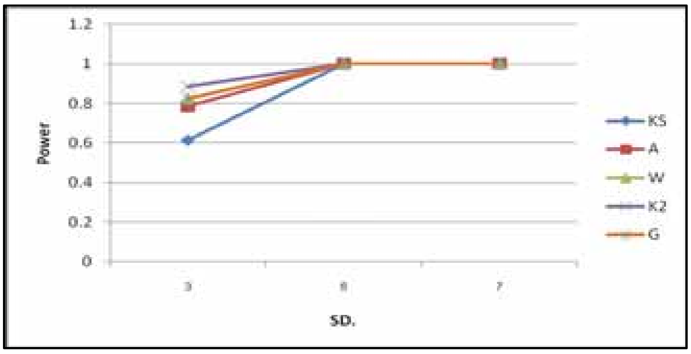
จากตารางที่ 14 พบว่า อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัวเพิ่มขึ้นเมื่อความแปรปรวนของข้อมูลที่ปลอมปนเพิ่มมากขึ้นในทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ ทั้งนี้ขอยกตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว เช่นภายใต้การแจกแจงแบบ $0.1N(0,\sigma^2)+0.9N(0,1)$ เมื่อกำหนดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างๆ กัน ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 12



α=0.01



α=0.05



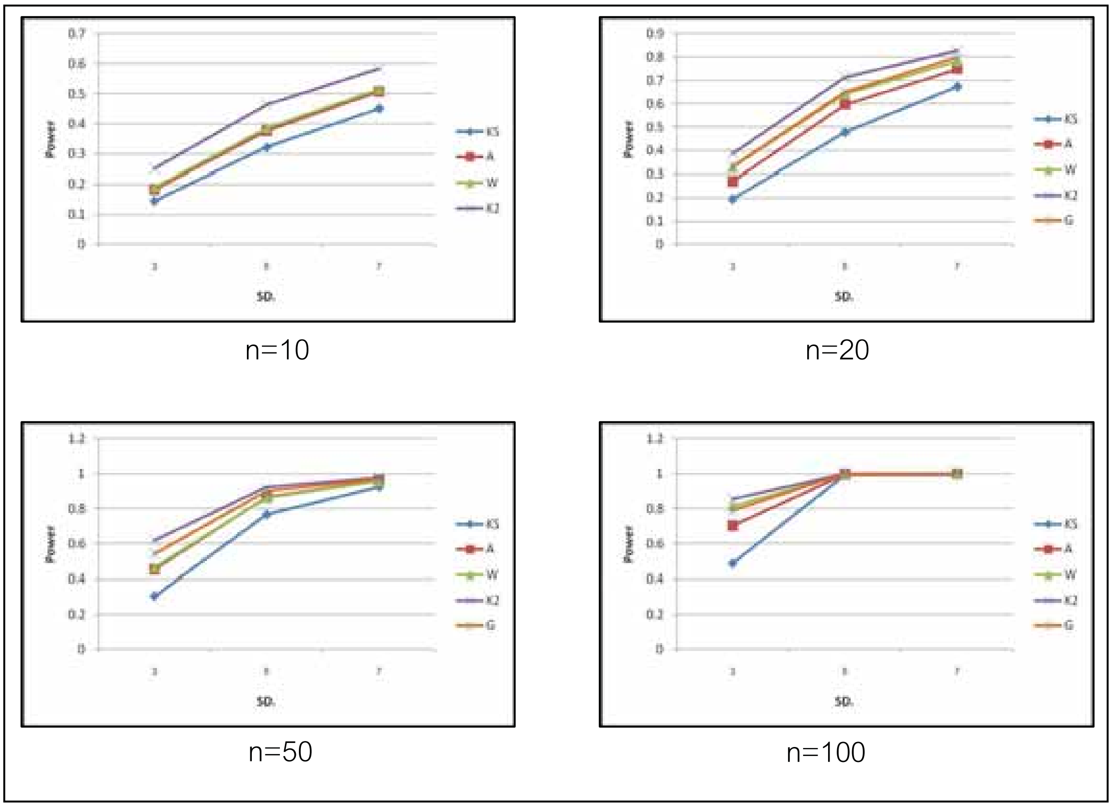
α=0.10

กราฟที่ 12 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ $0.1N(0,\sigma^2)+0.9N(0,1)$ เมื่อกำหนดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างๆ กัน ที่ n=100 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

จากกราฟที่ 12 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อความแปรปรวนเพิ่มมากขึ้นทุกตัวสถิติทดสอบมีอำนาจเพิ่มมากขึ้น โดย ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ และที่ระดับนัยสำคัญ

0.05 และ 0.01 ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ A และ ตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบ $0.1N(0,\sigma^2)+0.9N(0,1)$ เมื่อกำหนดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างๆ กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่กำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กัน แสดงในกราฟที่ 13



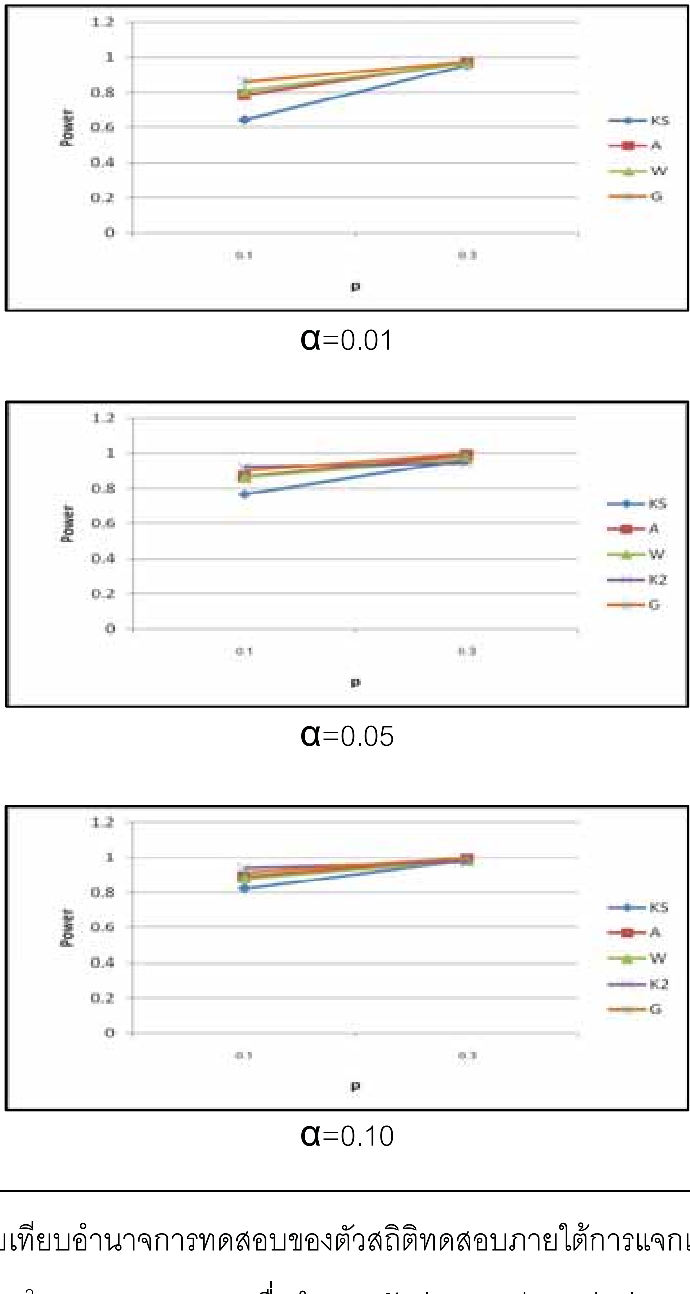
กราฟที่ 13 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ $0.1N(0,\sigma^2)+0.9N(0,1)$ เมื่อกำหนดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างๆ กัน ระดับนัยสำคัญ 0.05 ที่ n=10, 20, 50 และ 100

จากกราฟที่ 13 ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10, 20, 50 และ 100 พบว่าเมื่อความแปรปรวนเพิ่มขึ้น ตัวสถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นทุกตัว โดยที่ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W หรือ ตัวสถิติทดสอบ G ตามลำดับ

2. พิจารณาสัดส่วนของการปลอมปนที่เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 9 พบว่า เมื่อสัดส่วนของการปลอมปนเพิ่มมากขึ้นทำให้อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้น ทุกระดับนัยสำคัญและทุกขนาดตัวอย่าง ทั้งนี้ขอยกตัวอย่างประกอบการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบ $p\,N(0,5^2)+(1-p)\,N(0,1)$ เมื่อกำหนดสัดส่วนการปลอมปนต่างๆ กัน ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 14

จากกราฟที่ 14 พบว่าเมื่อสัดส่วนการปลอมปนเพิ่มมากขึ้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบมีอำนาจเพิ่มขึ้นทุกตัว โดยตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ แต่เมื่อระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ



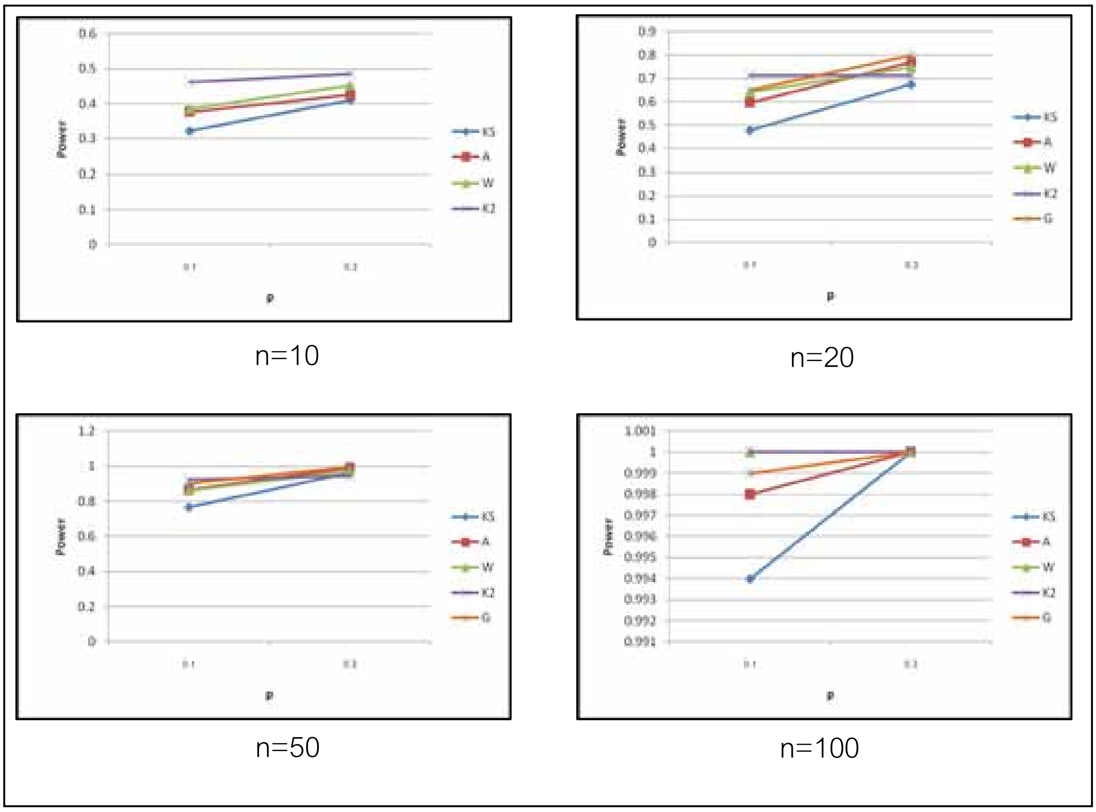
α=0.01

α=0.05

α=0.10

กราฟที่ 14 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ p N(0,5^2)+ $(1-p)$ N(0,1) เมื่อกำหนดสัดส่วนการปลอมปนต่างๆ กัน ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบ p N(0,5^2)+ $(1-p)$ N(0,1) กำหนดสัดส่วนการปลอมปนต่างๆ กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่กำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กัน แสดงในกราฟที่ 15

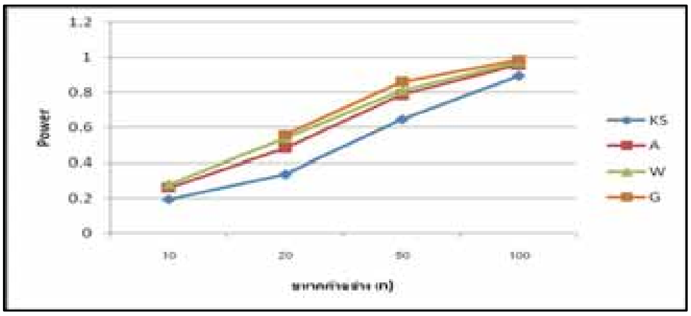


กราฟที่ 15 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ $p\,N(0,5^2)+(1-p)\,N(0,1)$ เมื่อกำหนดสัดส่วนการปลอมปนต่างๆ กัน ระดับนัยสำคัญ 0.05 ที่ n=10, 20, 50 และ 100

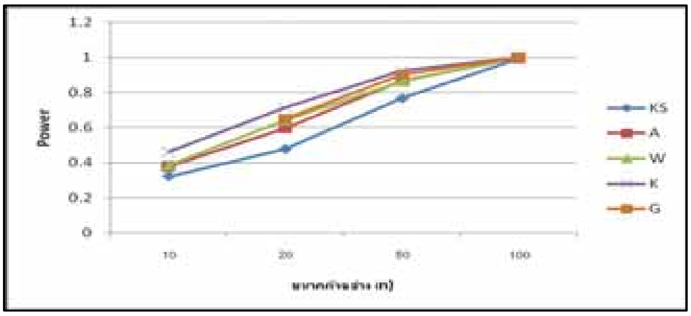
จากกราฟที่ 15 พบว่า เมื่อสัดส่วนการปลอมปนเพิ่มมากขึ้น อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้น ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มเป็น 20, 50 และ 100 ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ตัวสถิติทดสอบตัวอื่นมีอำนาจการทดสอบสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 สัดส่วนการปลอมปนเท่ากับ 0.3 ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

3. พิจารณาขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น

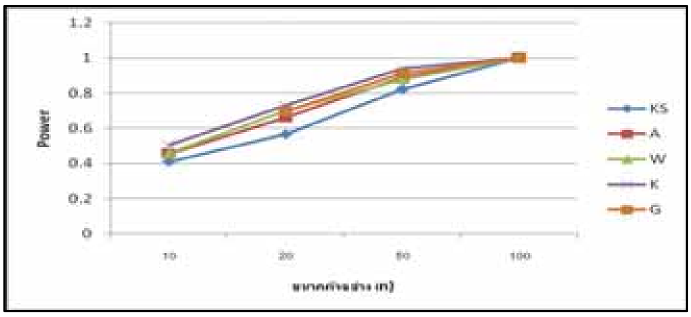
จากตารางที่ 14 พบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้น ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบ 0.1N(0,5^2)+ 0.9N(0,1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 และมีขนาดตัวอย่างต่างๆ กัน แสดงในกราฟที่ 16



α=0.01



α=0.05



α=0.10

กราฟที่ 16 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ 0.1N(0,5^2)+ 0.9N(0,1) เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

จากกราฟที่ 16 พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กันพบว่า ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ เมื่อเพิ่มระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และ 0.10 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ K^2 รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

2.3 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบกรณีการแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งต่ำ (เมื่อเทียบกับความโด่งของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 3) ได้แก่ B(2,2) และ B(5,5) ค่าความเบ้และความโด่งของการแจกแจง B(2,2) และ B(5,5) ได้แสดงในตารางที่ 15 ส่วนอำนาจการทดสอบแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 15 ค่าความเบ้และความโด่งของการแจกแจงแบบ B(2,2) และ B(5,5)

การแจกแจง	ความเบ้ ($\sqrt{\beta_1}$)	ความโด่ง (β_2)
B(2,2)	0	2.143
B(5,5)	0	2.333

ตารางที่ 16 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว กรณีข้อมูลสุ่มมาจากการแจกแจง B(2,2) และ B(5,5) สำหรับขนาดตัวอย่าง 10, 20, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 10		
B(2,2)	0.01	**0.009**	0.006	0.005	-	-
	0.05	**0.050**	0.047	0.041	0.027	-
	0.10	**0.093**	**0.093**	0.092	0.051	-
				n = 20		
	0.01	**0.008**	**0.008**	0.005	-	0.002

ตารางที่ 16 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 20		
B(2,2)	0.05	**0.071**	0.065	0.064	0.036	0.051
	0.10	**0.123**	0.115	0.111	0.066	0.107
				n = 50		
	0.01	0.015	0.030	**0.044**	-	0.017
	0.05	0.097	0.150	**0.251**	0.249	0.124
	0.10	0.146	0.216	**0.385**	0.335	0.205
				n = 100		
	0.01	0.039	0.099	**0.274**	-	0.096
	0.05	0.165	0.328	**0.496**	0.456	0.323
	0.10	0.258	0.469	**0.598**	0.473	0.449
				n = 10		
B(5,5)	0.01	**0.008**	0.005	0.004	-	-
	0.05	**0.032**	0.030	0.029	0.028	-
	0.10	**0.074**	0.070	0.069	0.070	-
				n = 20		
	0.01	0.010	0.007	**0.015**	-	0.010
	0.05	0.034	0.046	**0.049**	0.032	0.039
	0.10	0.075	0.086	**0.095**	0.072	0.078
				n = 50		
	0.01	0.016	0.017	**0.018**	-	0.013
	0.05	0.046	0.049	**0.052**	0.047	0.038
	0.10	0.094	0.107	**0.136**	0.086	0.081

ตารางที่ 16 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 100		
B(5,5)	0.01	0.023	0.024	**0.057**	-	0.017
	0.05	0.053	0.075	**0.110**	0.070	0.063
	0.10	0.171	0.173	**0.233**	0.168	0.149

จากตารางที่ 16 สำหรับการแจกแจงแบบ B(2,2) อำนาจการทดสอบจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น โดยที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตัวสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ K^2 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 พบว่าสถิติ KS และ สถิติ A มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ K^2 ตามลำดับ

ส่วนขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ KS และตัวสถิติทดสอบ A มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ G ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 พบว่า สถิติ KS มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ G และ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตามลำดับ

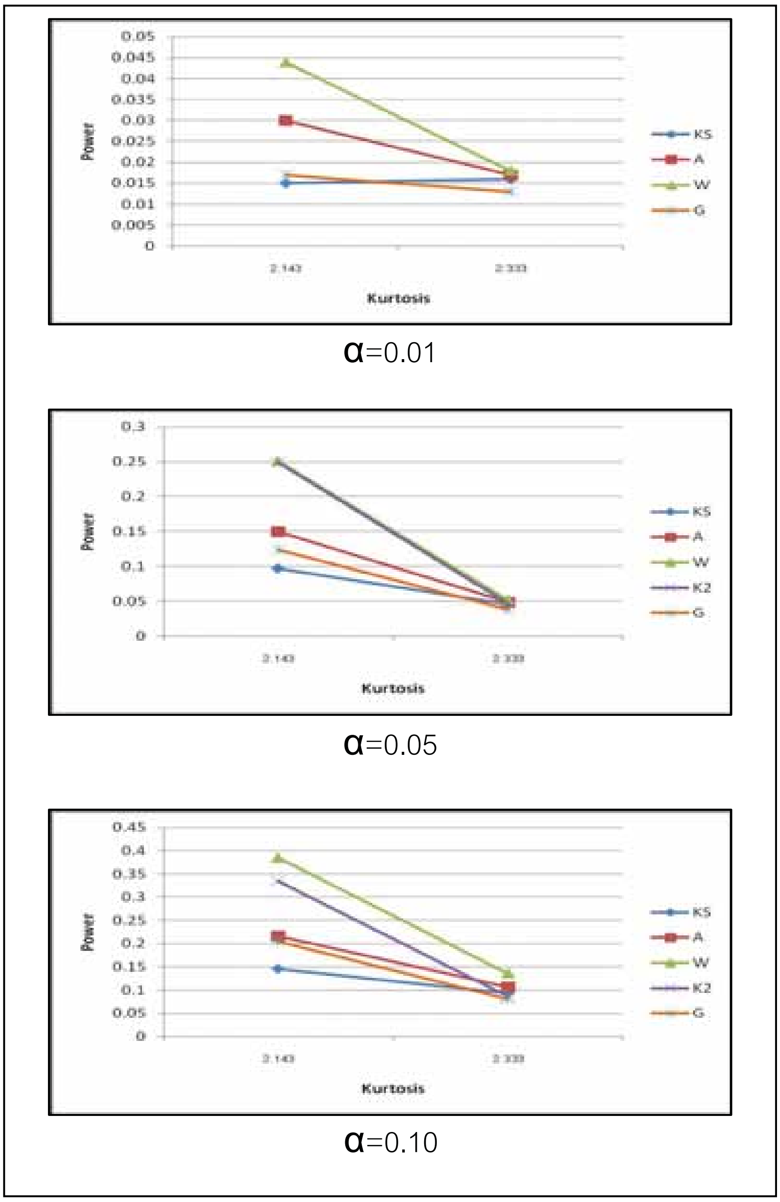
เมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 ทุกระดับนัยสำคัญ พบว่าตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ G และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

ส่วนการแจกแจงแบบ B(5,5) อำนาจการทดสอบจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน และให้ผลสรุปอำนาจการทดสอบคล้ายกับการแจกแจงแบบ B(2,2) ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ระดับนัยสำคัญ 0.10 ตัวสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A หรือ ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ W ตามลำดับ และ

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ KS หรือ ตัวสถิติทดสอบ G และตัวสถิติทดสอบ A ตามลำดับ

ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบ B(2,2) และ B(5,5) คือเมื่อกำหนดความโด่งเท่ากับ 2.143 และ 2.333 ตามลำดับ ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 17

จากกราฟที่ 17 พบว่า เมื่อความโด่งเพิ่มมากขึ้น อำนาจการทดสอบของทุดตัวสถิติทดสอบลดลง พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ KS และ ตัวสถิติทดสอบ G ตามลำดับ แต่ตัวสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ G เมื่อความโด่งเพิ่มมากขึ้น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุดเช่นกัน รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ A และ ตัวสถิติทดสอบ G ตามลำดับ แต่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตัวสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ G และที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ K^2 และ ตัวสถิติทดสอบ G เมื่อความโด่งเพิ่มมากขึ้น

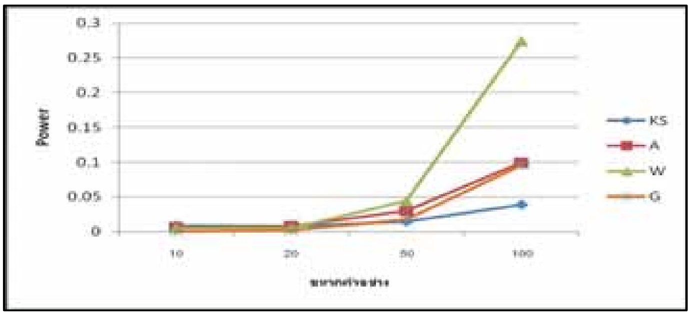


กราฟที่ 17 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ B(2,2) และ B(5,5) ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

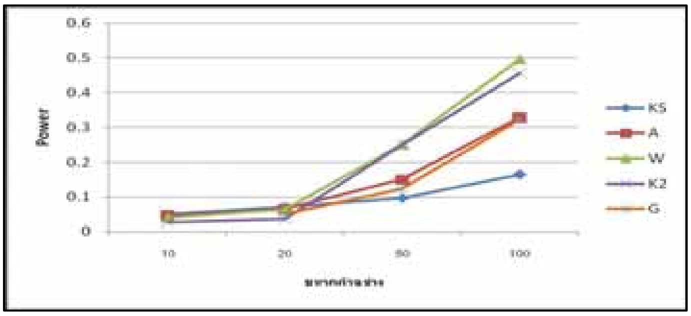
ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบ B(2,2) ที่ขนาดตัวอย่างต่างๆกัน ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 18

จากกราฟที่ 18 ภายใต้การแจกแจงแบบ B(2,2) เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นตัวสถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นทุกตัว ที่ทุกระดับนัยสำคัญ ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการ

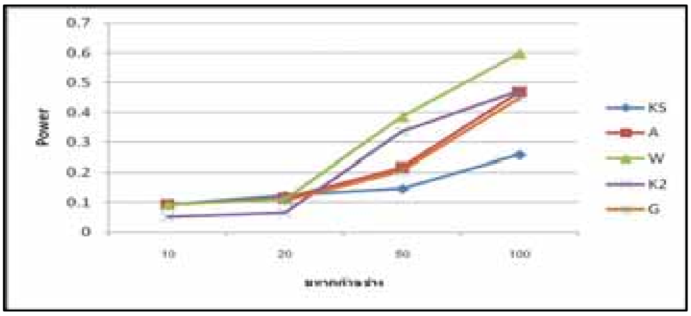
ทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ G และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ สำหรับการแจกแจงแบบ B(5,5) นั้นพบว่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นเช่นกัน



α=0.01



α=0.05



α=0.10

กราฟที่ 18 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ B(2,2) เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

2.4 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบกรณีการแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งสูง(เมื่อเทียบกับความโด่งของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 3) ได้แก่ การแจกแจงแบบ t_{10}, t_{20}, t_{30} และ LP(1,3) ค่าความเบ้และความโด่งของการแจกแจงแจงแบบ t_{10}, t_{20}, t_{30} และ LP(1,3) ได้แสดงในตารางที่ 17 ส่วนอำนาจการทดสอบแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 17 ค่าความเบ้และความโด่งของการแจกแจงแบบ t_{10}, t_{20}, t_{30} และ LP(1,3)

การแจกแจง	ความเบ้ ($\sqrt{\beta_1}$)	ความโด่ง (β_2)
L(1,3)	0	6
t_{10}	0	4
t_{20}	0	3.375
t_{30}	0	3.231

ตารางที่ 18 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว กรณีข้อมูลสุ่มมาจากการแจกแจง t_{10}, t_{20}, t_{30} และ LP(1,3) สำหรับขนาดตัวอย่าง 10, 20, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 10		
t_{10}	0.01	0.015	**0.019**	0.017	-	-
	0.05	0.070	0.071	0.069	**0.093**	-
	0.10	0.119	0.124	0.118	**0.128**	-
				n = 20		
	0.01	0.017	0.027	0.035	-	**0.044**
	0.05	0.066	0.085	0.097	**0.132**	0.105
	0.10	0.136	0.146	0.161	**0.165**	0.155

ตารางที่ 18 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 50		
t_{10}	0.01	0.029	0.051	0.060	-	**0.086**
	0.05	0.085	0.128	0.103	**0.200**	0.141
	0.10	0.167	0.195	0.160	**0.243**	0.202
				n = 100		
	0.01	0.035	0.075	0.071	-	**0.199**
	0.05	0.123	0.181	0.156	**0.277**	0.233
	0.10	0.168	0.209	0.197	**0.332**	0.263
				n = 10		
t_{20}	0.01	0.011	**0.013**	0.011	-	-
	0.05	0.056	0.058	0.054	**0.066**	-
	0.10	0.113	0.117	0.108	**0.118**	-
				n = 20		
	0.01	0.011	0.017	0.023	-	**0.025**
	0.05	0.055	0.060	0.075	**0.095**	0.071
	0.10	0.111	0.118	0.125	**0.130**	0.128
				n = 50		
	0.01	0.020	0.014	0.020	-	**0.028**
	0.05	0.064	0.062	0.068	**0.100**	0.076
	0.10	0.117	0.128	0.110	**0.143**	0.121
				n = 100		
	0.01	0.017	0.016	0.021	-	**0.029**
	0.05	0.082	0.083	0.085	**0.136**	0.105
	0.10	0.113	0.159	0.113	**0.198**	0.163

ตารางที่ 18 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 10		
t_{30}	0.01	0.013	**0.015**	0.014	-	-
	0.05	0.052	0.057	0.053	**0.066**	-
	0.10	0.106	0.047	0.099	**0.098**	-
				n = 20		
	0.01	0.013	0.015	**0.016**	-	0.014
	0.05	0.050	0.042	0.051	**0.069**	0.044
	0.10	0.112	0.118	0.112	**0.119**	0.104
				n = 50		
	0.01	0.015	0.016	**0.017**	-	0.015
	0.05	0.054	0.058	0.047	**0.075**	0.060
	0.10	0.108	0.122	0.119	**0.147**	0.122
				n = 100		
	0.01	0.012	0.015	**0.045**	-	0.036
	0.05	0.055	0.050	0.059	**0.090**	0.068
	0.10	0.116	0.120	0.117	**0.149**	0.127
				n = 10		
LP(1,3)	0.01	0.049	**0.059**	0.058	-	-
	0.05	0.142	0.152	0.140	**0.196**	-
	0.10	0.233	0.235	0.215	**0.252**	-
				n = 20		
	0.01	0.082	0.124	0.150	-	**0.175**
	0.05	0.234	0.264	0.265	**0.312**	0.303
	0.10	0.346	0.386	0.362	**0.408**	0.381

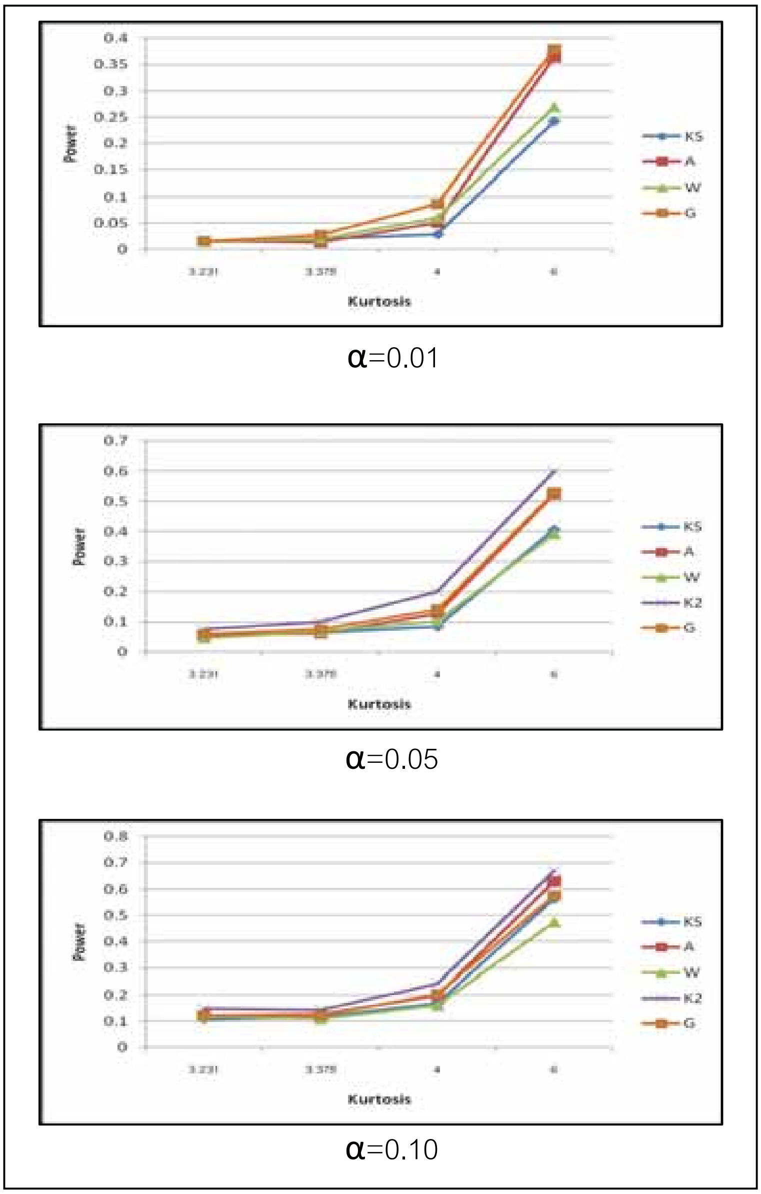
ตารางที่ 18 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 50		
LP(1,3)	0.01	0.242	0.364	0.269	-	**0.379**
	0.05	0.407	0.523	0.393	**0.600**	0.529
	0.10	0.564	0.629	0.474	**0.670**	0.576
				n = 100		
	0.01	0.463	0.657	0.630	-	**0.772**
	0.05	0.808	**1.000**	0.985	**1.000**	0.902
	0.10	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**

จากตารางที่ 18 สำหรับการแจกแจงแบบ t_{10} และ t_{20} และ LP(1,3) พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ตัวสถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นทุกตัว ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ A มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ เมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างเป็น 20, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ0.01 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 ในทุกขนาดตัวอย่าง พบว่า ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

สำหรับการแจกแจงแบบ t_{30} พบว่า ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 ระดับนัยสำคัญ 0.01 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 ในทุกขนาดตัวอย่าง อำนาจการทดสอบให้ผลเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบในทำนองเดียวกันกับกับการแจกแจงแบบ t_{10} และ t_{20} แต่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ในขนาดตัวอย่าง 20, 50 และ 100 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ G และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบ t_{10}, t_{20}, t_{30} และ LP(1,3) เมื่อกำหนดความโด่งเท่ากับ 4, 3.375, 3.231 และ 6 ตามลำดับ ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 19



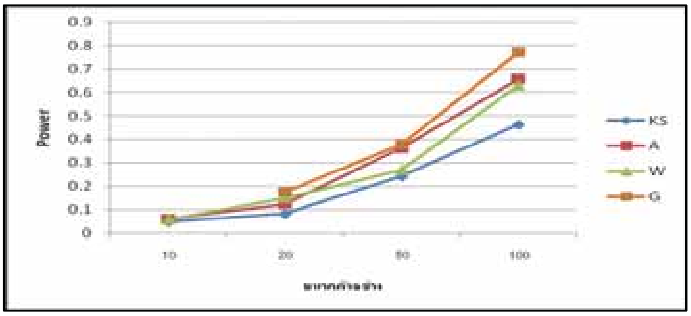
กราฟที่ 19 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ t_{10}, t_{20}, t_{30} และ LP(1,3) ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

จากกราฟที่ 19 พบว่า เมื่อความโด่งเพิ่มมากขึ้น อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้น โดยที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด สำหรับการแจกแจงแบบ LP(1,3) แต่ ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด สำหรับการแจกแจงแบบ t_{30} ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด สำหรับการแจกแจง LP(1,3) และ t_{30}

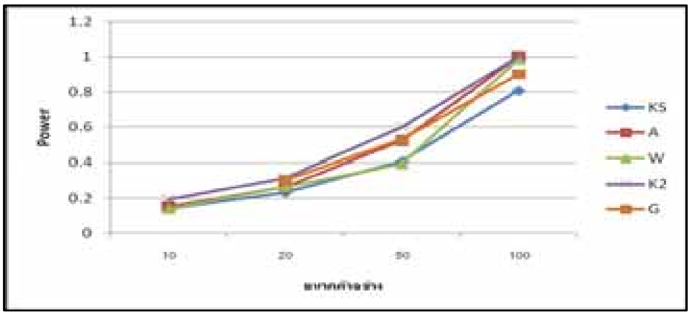
ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจงแบบ LP(1,3) ที่ขนาดตัวอย่างต่างๆกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 20

จากกราฟที่ 20 ภายใต้การแจกแจงแบบ LP(1,3) พบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่าอำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้น ในทุกระดับนัยสำคัญ โดยที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ และที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

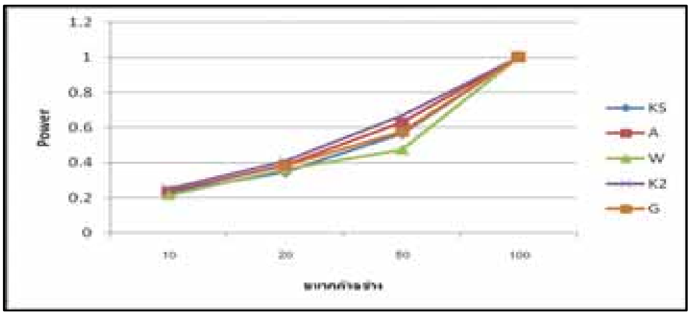
อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทุกตัวเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นเช่นกันสำหรับการแจกแจงแบบ t_{10} t_{20} และ t_{30}



α=0.01



α=0.05



α=0.10

กราฟที่ 20 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ LP(1,3) เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

2.5 การเปรียบเทียบการทดสอบกรณีการแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งต่ำ (เมื่อเทียบกับความโด่งของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 3) ได้แก่ การแจกแจงแบบ B(1,2), B(2,1), B(2,5), B(5,2), Weibull(3,1) และ Weibull (4,1) ค่าความเบ้และความโด่งของการแจกแจง B(1,2), B(2,1), B(2,5), B(5,2), Weibull(3,1) และ Weibull (4,1) แสดงในตารางที่ 19 ส่วนอำนาจการทดสอบแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 19 ค่าความเบ้และความโด่งของการแจกแจงแบบ B(1,2), B(2,1), B(2,5), B(5,2), Weibull(3,1) และ Weibull(4,1)

การแจกแจง	ความเบ้ ($\sqrt{\beta_1}$)	ความโด่ง (β_2)
B(1,2)	0.5657	2.400
B(2,1)	-0.5657	2.400
B(2,5)	0.5963	2.880
B(5,2)	-0.5963	2.880
Weibull(3,1)	0.1681	2.730
Weibull (4,1)	-0.0872	2.750

ตารางที่ 20 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว กรณีข้อมูลสุ่มมาจากการแจกแจง B(1,2), B(2,1), B(2,5), B(5,2), Weibull(3,1) และ Weibull (4,1)สำหรับขนาดตัวอย่าง 10, 20, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 10		
B(1,2)	0.01	0.025	**0.033**	0.032	-	-
	0.05	0.101	0.125	**0.128**	0.078	-
	0.10	0.180	0.209	**0.222**	0.118	-

ตารางที่ 20 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 20		
B(1,2)	0.01	0.053	0.097	**0.099**	-	0.023
	0.05	0.165	0.251	**0.297**	0.097	0.162
	0.10	0.285	0.394	**0.452**	0.184	0.332
				n = 50		
	0.01	0.217	0.454	**0.626**	-	0.211
	0.05	0.469	0.743	**0.892**	0.35	0.57
	0.10	0.594	0.821	**0.955**	0.582	0.733
				n = 100		
	0.01	0.565	0.916	**0.985**	-	0.777
	0.05	0.829	0.978	**1.000**	0.922	0.950
	0.10	0.908	0.993	**1.000**	0.989	0.980
				n = 10		
B(2,1)	0.01	0.025	**0.030**	0.027	-	-
	0.05	0.102	0.131	**0.135**	0.100	-
	0.10	0.177	0.208	**0.219**	0.116	-
				n = 20		
	0.01	0.064	0.095	**0.097**	-	0.020
	0.05	0.188	0.249	**0.299**	0.106	0.187
	0.10	0.294	0.389	**0.473**	0.216	0.326
				n = 50		
	0.01	0.195	0.214	**0.301**	-	0.188
	0.05	0.454	0.702	**0.889**	0.320	0.557
	0.10	0.634	0.838	**0.948**	0.624	0.773

ตารางที่ 20 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 100		
B(2,1)	0.01	0.572	0.899	**0.901**	-	0.754
	0.05	0.816	0.977	**1.000**	0.922	0.949
	0.10	0.915	0.994	**1.000**	0.982	0.980
				n = 10		
B(2,5)	0.01	0.014	**0.016**	0.015	-	-
	0.05	0.083	**0.095**	**0.095**	0.076	-
	0.10	0.144	0.161	**0.162**	0.117	-
				n = 20		
	0.01	0.040	0.048	**0.052**	-	0.025
	0.05	0.117	0.168	**0.190**	0.108	0.122
	0.10	0.191	0.251	**0.279**	0.168	0.211
				n = 50		
	0.01	0.105	0.209	**0.233**	-	0.108
	0.05	0.284	0.49	**0.529**	0.261	0.333
	0.10	0.385	0.673	**0.733**	0.418	0.526
				n = 100		
	0.01	0.254	0.513	**0.520**	-	0.419
	0.05	0.535	0.768	**0.820**	0.593	0.750
	0.10	0.658	0.884	**1.000**	0.810	0.869
				n = 10		
B(5,2)	0.01	0.014	**0.017**	0.015	-	-
	0.05	0.076	**0.082**	**0.082**	0.077	-
	0.10	0.148	0.160	**0.161**	0.123	-

ตารางที่ 20 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 20		
B(5,2)	0.01	0.026	0.041	**0.042**	-	0.023
	0.05	0.125	0.180	**0.182**	0.112	0.118
	0.10	0.178	0.240	**0.272**	0.171	0.213
				n = 50		
	0.01	0.104	0.183	**0.229**	-	0.105
	0.05	0.251	0.365	**0.484**	0.210	0.304
	0.10	0.365	0.527	**0.700**	0.379	0.484
				n = 100		
	0.01	0.266	0.503	**0.582**	-	0.420
	0.05	0.553	0.782	**0.882**	0.661	0.759
	0.10	0.644	0.858	**0.999**	0.825	0.866
				n = 10		
Weibull(3,1)	0.01	0.005	**0.008**	0.005	-	-
	0.05	0.044	0.045	**0.046**	0.044	-
	0.10	0.097	0.100	**0.107**	0.088	-
				n = 20		
	0.01	0.006	**0.007**	**0.007**	-	0.004
	0.05	0.047	0.049	**0.051**	0.035	0.038
	0.10	0.096	0.097	**0.101**	0.073	0.083
				n = 50		
	0.01	0.008	0.009	**0.010**	-	0.006
	0.05	0.050	0.054	**0.057**	0.054	0.050
	0.10	0.113	0.125	**0.143**	0.102	0.107

ตารางที่ 20 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 100		
Weibull(3,1)	0.01	0.014	0.009	**0.016**	-	0.008
	0.05	0.072	0.077	**0.080**	0.070	0.062
	0.10	0.132	0.143	**0.150**	0.142	0.140
				n = 10		
Weibull(4,1)	0.01	0.007	**0.009**	0.008	-	-
	0.05	0.048	**0.050**	**0.050**	0.047	-
	0.10	0.091	0.093	**0.095**	0.091	-
				n = 20		
	0.01	0.009	0.010	**0.012**	-	0.007
	0.05	0.054	0.050	**0.056**	0.048	0.048
	0.10	0.089	0.101	**0.107**	0.083	0.099
				n = 50		
	0.01	0.013	0.013	**0.015**	-	0.009
	0.05	0.052	0.052	**0.075**	0.051	0.033
	0.10	0.098	0.094	**0.117**	0.075	0.081
				n = 100		
	0.01	0.018	0.011	**0.021**	-	0.010
	0.05	0.042	0.041	**0.053**	0.045	0.041
	0.10	0.119	0.128	**0.142**	0.084	0.102

จากตารางที่ 20 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อพิจารณาการแจกแจงแบบ B(1,2), B(2,5) และ Weibull(3,1) ซึ่งการแจกแจงทั้ง 3 แบบเป็นการแจกแจงแบบเบ้ขวา พบว่า ขนาดตัวอย่างเท่ากับ

10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบ A มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 พบว่า ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

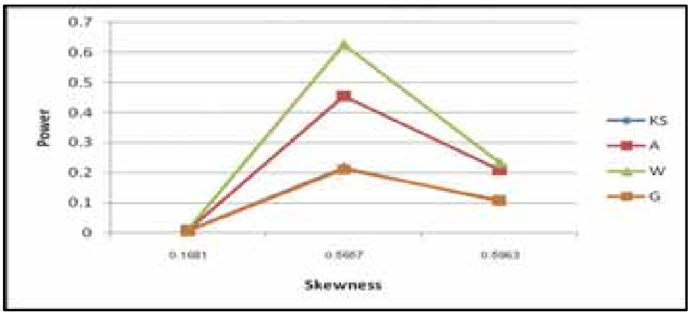
เมื่อพิจารณาการแจกแจงแบบ B(2,1), B(5,2) และ Weibull(4,1) ซึ่งการแจกแจงทั้ง 3 แบบเป็นการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย พบว่าให้ผลการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการแจกแจงแบบเบ้ขวา

สำหรับการแจกแจงแบบ Weibull(4,1) ซึ่งเป็นการแจกแจงที่เข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติมาตรฐานมากที่สุด พบว่า อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบมีค่าน้อยกว่าการแจกแจงแบบอื่น

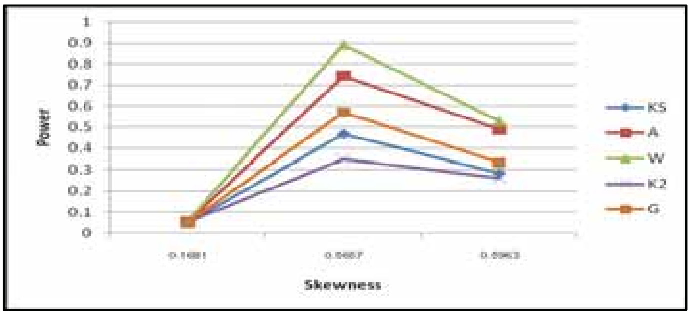
นอกจากนี้ อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทุกตัวเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญเพิ่มขึ้น

ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจง B(1,2), B(2,5) และ Weibull(3,1) ซึ่งเป็นการแจกแจงแบบเบ้ขวา เมื่อกำหนดความเบ้เท่ากับ 0.5657, 0.5963 และ 0.1681 ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 21

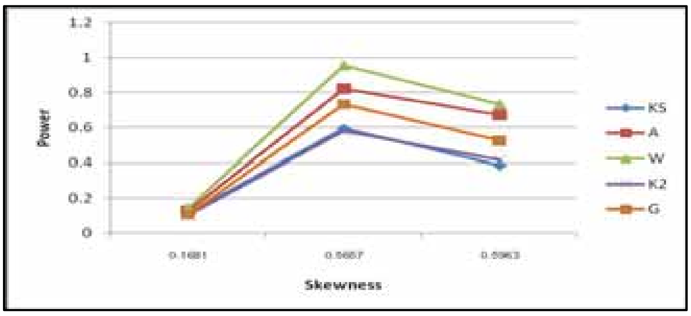
จากกราฟที่ 21 ภายใต้การแจกแจงแบบ B(1,2), B(2,5) และ Weibull(3,1) ซึ่งเป็นการแจกแจงแบบเบ้ขวาที่มีความเบ้เพิ่มขึ้น พบว่า เมื่อความเบ้เพิ่มจาก 0.1681 เป็น 0.5657 อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้น ทุกระดับนัยสำคัญ ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด สำหรับทุกการแจกแจง รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ KS และตัวสถิติทดสอบ G ตามลำดับ



α=0.01



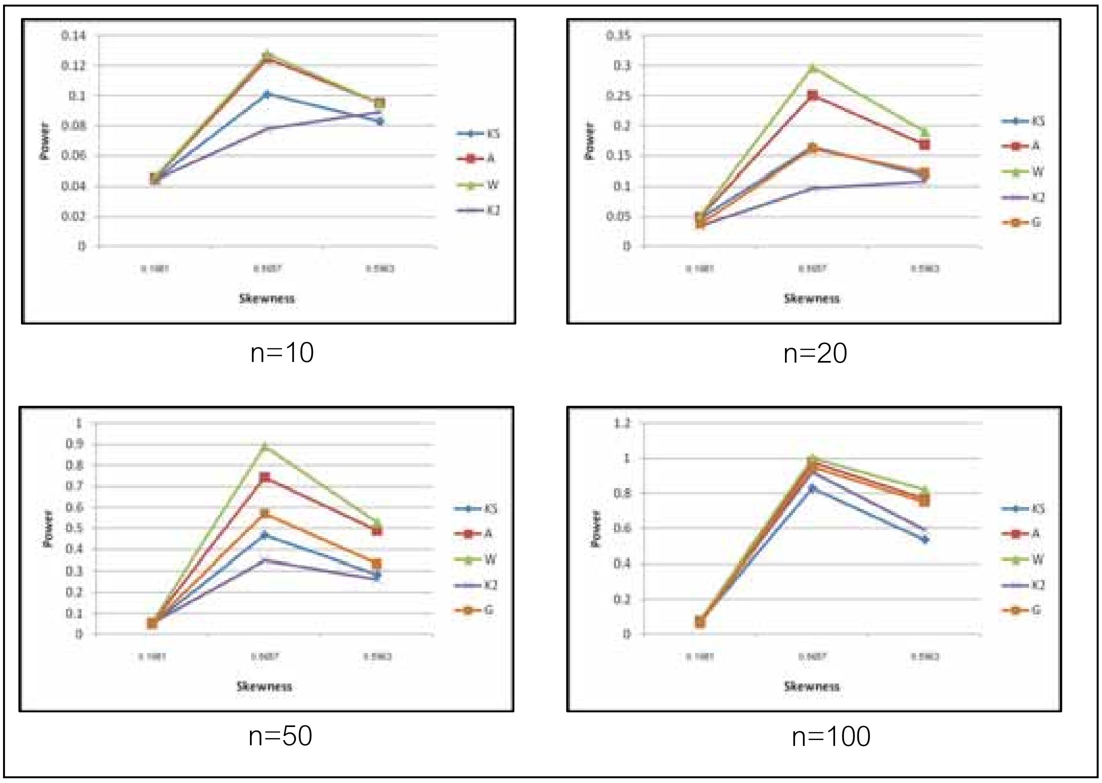
α=0.05



α=0.10

กราฟที่ 21 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ B(1,2), B(2,5) และ Weibull(3,1) ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจง B(1,2), B(2,5) และ Weibull(3,1) ซึ่งเป็นการแจกแจงแบบเบ้ขวา เมื่อกำหนดความเบ้เท่ากับ 0.5657, 0.5963 และ 0.1681 ระดับนัยสำคัญ 0.05 ที่ขนาดตัวอย่างต่างๆ กัน แสดงในกราฟที่ 22

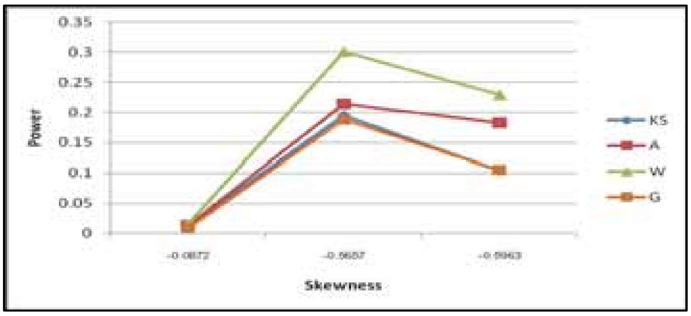


กราฟที่ 22 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ B(1,2), B(2,5) และ Weibull(3,1) ระดับนัยสำคัญ 0.05 ที่ n=10, 20, 50 และ 100

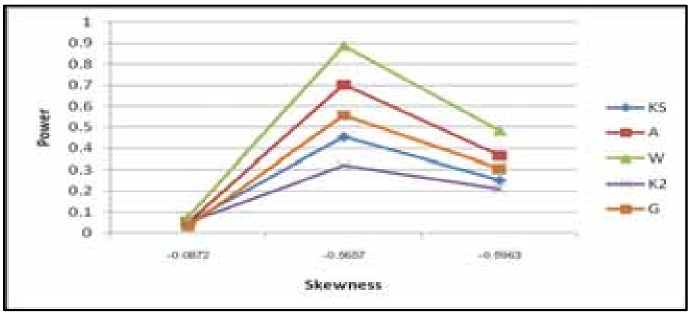
จากกราฟที่ 22 ภายใต้การแจกแจงแบบ B(1,2), B(2,5) และ Weibull(3,1) ซึ่งเป็นการแจกแจงแบบเบ้ขวา ที่มีความเบ้เพิ่มขึ้น พบว่า เมื่อความเบ้เพิ่มจาก 0.1681 เป็น 0.5657 อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเพิ่มความเบ้เป็น 0.5963 พบว่า ทุกตัวสถิติทดสอบมีอำนาจการทดสอบลดลงเช่นกัน ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A สำหรับทุกการแจกแจง

ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจง B(2,1), B(5,2) และ Weibull(4,1) ซึ่งเป็นการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย เมื่อกำหนดความเบ้เท่ากับ -0.5657, -0.5963 และ -0.0872 ตามลำดับ ที่ n=50 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 23

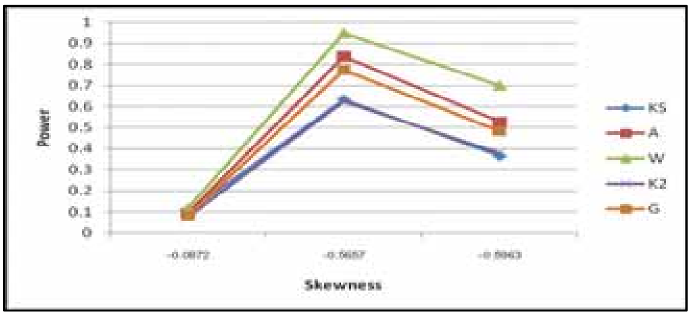
จากกราฟที่ 23 ภายใต้การแจกแจงแบบ B(2,1), B(5,2) และ Weibull(4,1) ซึ่งเป็นการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย พบว่า เมื่อความเบ้เพิ่มขึ้น (ในทางลบ) จาก -0.0872 เป็น -0.5657 อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้น แต่ลดลงเมื่อความเบ้เพิ่มขึ้นเป็น -0.5963 ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A สำหรับทุกการแจกแจง



α=0.01



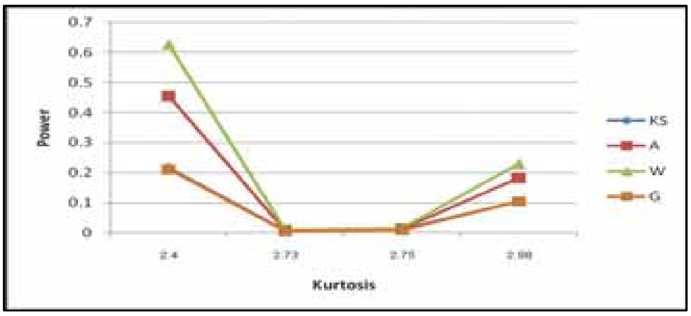
α=0.05



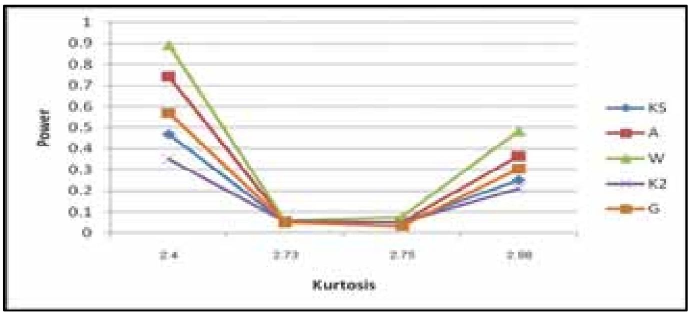
α=0.10

กราฟที่ 23 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ B(2,1), B(5,2) และ Weibull(4,1) ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

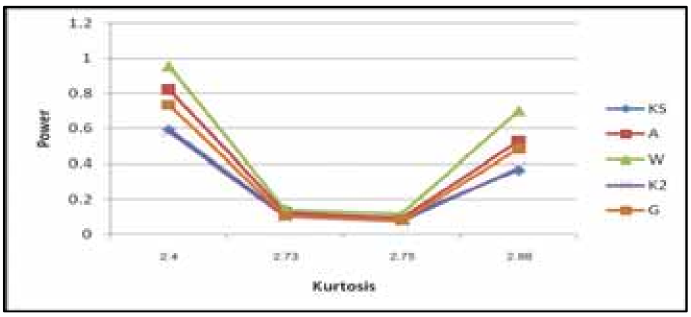
ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจง B(1,2), Weibull(3,1), Weibull(4,1) และ B(5,2) เมื่อกำหนดความโด่งเท่ากับ 2.40, 2.73, 2.75 และ 2.88 ตามลำดับ ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 24



α=0.01



α=0.05



α=0.10

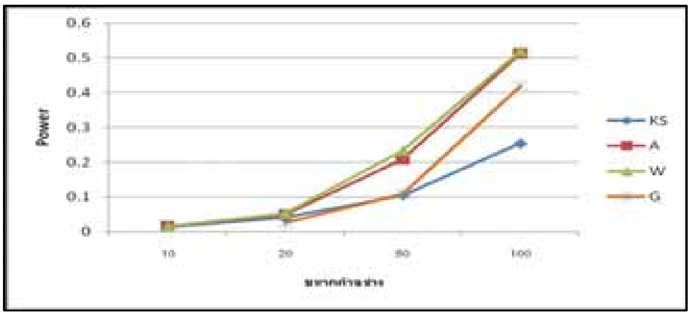
กราฟที่ 24 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ B(1,2), Weibull(3,1), Weibull(4,1) และ B(5,2) ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

จากกราฟที่ 24 ภายใต้การแจกแจงแบบ B(1,2), Weibull(3,1), Weibull(4,1) และ B(5,2) พบว่า เมื่อความโด่งเพิ่มขึ้นจาก 2.40 เป็น 2.73 และ 2.75 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทุกตัวลดลงเนื่องจากว่า ที่ความโด่ง 2.73 และ 2.75 มีความเบ้เท่ากับ 0.1681 และ -0.0872 ซึ่งเข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติ ทำให้อำนาจการทดสอบลดลง แต่เมื่อความโด่งเพิ่มขึ้นเป็น 2.88 ที่ความเบ้ 0.5963 ซึ่งเป็นลักษณะที่มีความเบ้และความโด่งสูงที่สุดในการทดสอบครั้งนี้ อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทุกตัวเพิ่มขึ้นสำหรับทุกระดับนัยสำคัญ ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A สำหรับทุกการแจกแจง

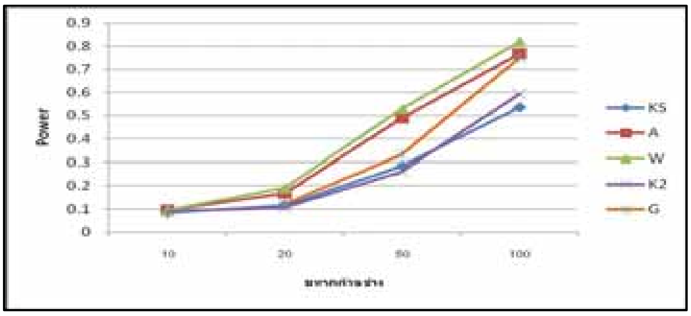
ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจง B(2,5) เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 25

จากกราฟที่ 25 ภายใต้การแจกแจงแบบ B(2,5) สำหรับทุกระดับนัยสำคัญ พบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้น โดยที่ ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A สถิติทสดอบ G ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

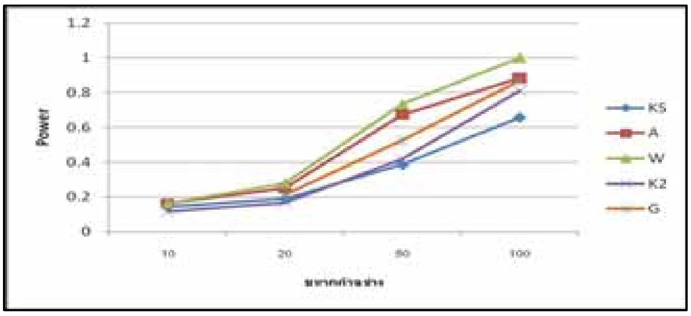
อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทุกตัวเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น สำหรับทุกการแจกแจง



α=0.01



α=0.05



α=0.10

กราฟที่ 25 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ B(2,5) เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

2.6 การเปรียบเทียบการทดสอบกรณีการแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งสูง (เมื่อเทียบกับความโด่งของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 3) ได้แก่ การแจกแจงแบบ χ_1^2 , χ_{10}^2 , χ_{30}^2 , χ_{100}^2 , G(0.5,1), G(1,1), G(3,1), G(10,1) และ Weibull(2,1) ค่าความเบ้และความโด่งของการแจกแจง χ_1^2 , χ_{10}^2 , χ_{30}^2 , χ_{100}^2 , G(0.5,1), G(1,1), G(3,1), G(10,1) และ Weibull(2,1) แสดงในตารางที่ 21 ส่วนอำนาจการทดสอบแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 21 ค่าความเบ้และความโด่งของการแจกแจง χ_1^2 , χ_{10}^2 , χ_{30}^2 , χ_{100}^2 , G(0.5,1), G(1,1), G(3,1), G(10,1) และ Weibull(2,1)

การแจกแจง	ความเบ้ ($\sqrt{\beta_1}$)	ความโด่ง (β_2)
χ_1^2	2.828	15.00
χ_{10}^2	0.894	4.200
χ_{30}^2	0.516	3.400
χ_{100}^2	0.283	3.120
G(0.5,1)	2.828	15.00
G(1,1)	2.000	9.000
G(3,1)	1.155	5.000
G(10,1)	0.633	3.600
Weibull(2,1)	0.631	3.245

ตารางที่ 22 อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว กรณีข้อมูลสุ่มมาจากการแจกแจง χ_1^2 , χ_{10}^2 , χ_{30}^2 , χ_{100}^2 , G(0.5,1), G(1,1), G(3,1), G(10,1) และ Weibull(2,1) สำหรับขนาดตัวอย่าง 10, 20, 50 และ 100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 10		
χ_1^2	0.01	0.305	0.477	**0.494**	-	-

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 10		
χ^2_1	0.05	0.527	0.695	0.722	0.493	-
	0.10	0.659	0.793	0.820	0.577	-
				n = 20		
	0.01	0.695	0.890	0.923	-	0.691
	0.05	0.875	0.968	0.985	0.818	0.914
	0.10	0.947	0.994	0.996	0.877	0.972
				n = 50		
	0.01	0.999	1.000	1.000	-	0.999
	0.05	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000
	0.10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
				n = 100		
	0.01	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	0.05	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	0.10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
				n = 10		
χ^2_{10}	0.01	0.028	0.031	0.033	-	-
	0.05	0.092	0.105	0.124	0.107	-
	0.10	0.179	0.203	0.203	0.183	-
				n = 20		
	0.01	0.064	0.089	0.119	-	0.077
	0.05	0.154	0.232	0.264	0.216	0.216
	0.10	0.224	0.285	0.333	0.280	0.283

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 50		
χ^2_{10}	0.01	0.151	0.261	**0.321**	-	0.256
	0.05	0.316	0.474	**0.553**	0.460	0.469
	0.10	0.496	0.643	**0.734**	0.594	0.637
				n = 100		
	0.01	0.345	0.621	**0.632**	-	0.594
	0.05	0.609	0.835	**0.989**	0.781	0.787
	0.10	0.718	0.918	**0.997**	0.872	0.897
				n = 10		
χ^2_{30}	0.01	0.016	**0.017**	**0.017**	-	-
	0.05	0.060	0.069	**0.079**	0.068	-
	0.10	0.131	0.136	**0.139**	0.122	-
				n = 20		
	0.01	0.027	0.029	**0.044**	-	0.038
	0.05	0.095	0.124	**0.126**	0.098	0.100
	0.10	0.145	0.179	**0.192**	0.161	0.164
				n = 50		
	0.01	0.045	0.085	**0.089**	-	0.067
	0.05	0.142	0.200	**0.217**	0.167	0.180
	0.10	0.224	0.283	**0.314**	0.161	0.288
				n = 100		
	0.01	0.109	0.206	**0.209**	-	0.149
	0.05	0.235	0.389	**0.430**	0.312	0.384
	0.10	0.389	0.532	**0.843**	0.465	0.522

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 10		
χ^2_{100}	0.01	0.010	**0.011**	**0.011**	-	-
	0.05	0.056	0.057	**0.068**	0.066	-
	0.10	0.106	0.109	**0.113**	0.101	-
				n = 20		
	0.01	0.015	**0.019**	**0.019**	-	0.018
	0.05	0.061	0.068	**0.076**	0.074	0.068
	0.10	0.120	0.111	**0.129**	0.100	0.103
				n = 50		
	0.01	0.019	0.028	**0.038**	-	0.029
	0.05	0.083	0.092	**0.097**	0.087	0.079
	0.10	0.118	0.161	**0.180**	0.136	0.141
				n = 100		
	0.01	0.036	0.040	**0.063**	-	0.046
	0.05	0.113	0.153	**0.203**	0.122	0.148
	0.10	0.178	0.185	**0.298**	0.199	0.217
				n = 10		
G(0.5,1)	0.01	0.318	0.485	**0.502**	-	-
	0.05	0.556	0.701	**0.735**	0.509	-
	0.10	0.670	0.789	**0.819**	0.586	-
				n = 20		
	0.01	0.707	0.903	**0.941**	-	0.698
	0.05	0.880	0.971	**0.988**	0.812	0.932
	0.10	0.936	0.986	**0.997**	0.863	0.960

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 50		
G(0.5,1)	0.01	**1.000**	**1.000**	**1.000**	-	**1.000**
	0.05	**1.000**	**1.000**	**1.000**	0.997	**1.000**
	0.10	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**
				n = 100		
	0.01	**1.000**	**1.000**	**1.000**	-	**1.000**
	0.05	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**
	0.10	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**
				n = 10		
G(1,1)	0.01	0.139	0.206	**0.218**	-	-
	0.05	0.300	0.414	**0.432**	0.325	-
	0.10	0.431	0.542	**0.569**	0.415	-
				n = 20		
	0.01	0.351	0.570	**0.622**	-	0.399
	0.05	0.593	0.771	**0.838**	0.586	0.675
	0.10	0.736	0.868	**0.918**	0.719	0.830
				n = 50		
	0.01	0.849	0.976	**0.991**	-	0.940
	0.05	0.655	0.995	**0.998**	0.951	0.989
	0.10	0.980	**1.000**	**1.000**	0.991	0.996
				n = 100		
	0.01	0.999	**1.000**	**1.000**	-	**1.000**
	0.05	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**
	0.10	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**

ตารางที่ 22 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 10		
G(3,1)	0.01	0.039	0.049	**0.054**	-	-
	0.05	0.133	0.163	**0.164**	0.162	-
	0.10	0.215	0.284	**0.256**	0.231	-
				n =20		
	0.01	0.087	0.138	**0.187**	-	0.126
	0.05	0.229	0.327	**0.374**	0.301	0.305
	0.10	0.356	**0.530**	0.500	0.386	0.432
				n = 50		
	0.01	0.288	0.503	**0.611**	-	0.480
	0.05	0.515	0.716	**0.812**	0.651	0.713
	0.10	0.660	0.832	**0.895**	0.770	0.826
				n = 100		
	0.01	0.619	0.882	**0.983**	-	0.885
	0.05	0.831	0.964	**1.000**	0.955	0.974
	0.10	0.903	0.989	**1.000**	0.977	0.989
				n = 10		
G(10,1)	0.01	0.018	0.018	**0.021**	-	-
	0.05	0.075	0.081	**0.093**	0.079	-
	0.10	0.140	**0.152**	0.147	0.140	-
				n = 20		
	0.01	0.032	0.038	**0.055**	-	0.042
	0.05	0.115	0.148	**0.161**	0.149	0.148
	0.10	0.145	0.199	**0.231**	0.188	0.192

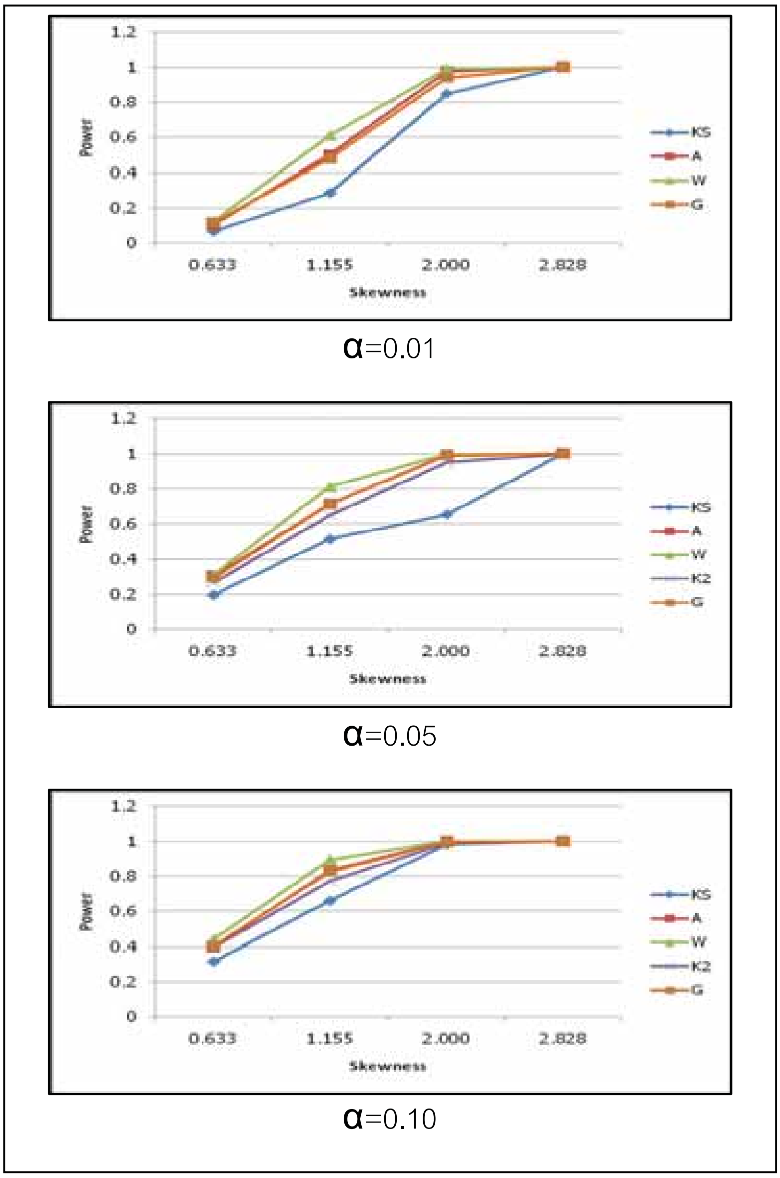
ตารางที่ 22 (ต่อ)

การแจกแจง	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
				n = 50		
G(10,1)	0.01	0.069	0.105	**0.126**	-	0.120
	0.05	0.199	0.305	**0.314**	0.269	0.294
	0.10	0.316	0.397	**0.443**	0.397	0.404
				n = 100		
	0.01	0.151	0.322	**0.431**	-	0.279
	0.05	0.363	0.539	**0.631**	0.463	0.519
	0.10	0.507	0.698	**0.831**	0.633	0.661
				n = 10		
Weibull(2,1)	0.01	0.018	0.018	**0.020**	-	-
	0.05	0.072	**0.088**	0.077	0.082	-
	0.10	0.139	**0.149**	0.148	0.129	-
				n = 20		
	0.01	0.023	0.037	**0.051**	-	0.031
	0.05	0.103	0.131	**0.115**	0.137	0.125
	0.10	0.168	0.198	**0.232**	0.186	0.202
				n = 50		
	0.01	0.077	0.147	**0.203**	-	0.137
	0.05	0.218	0.321	**0.421**	0.278	0.293
	0.10	0.329	0.445	**0.602**	0.413	0.462
				n = 100		
	0.01	0.197	0.368	**0.495**	-	0.367
	0.05	0.430	0.607	**0.695**	0.563	0.634
	0.10	0.531	0.729	**0.893**	0.729	0.770

จากตารางที่ 22 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ อำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นตามขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาการแจกแจงแบบไคสแควร์ เช่น χ_1^2 ซึ่งเป็นการแจกแจงที่มีความเบ้และความโด่งมากที่สุด พบว่า ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ KS และตัวสถิติทดสอบ K^2 ตามลำดับ และเมื่อจำนวนองศาแห่งความเป็นอิสระมากขึ้น ทำให้เข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติมาตรฐานมากขึ้น อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบลดลง สำหรับการแจกแจงแบบแกมมา มีอำนาจการทดสอบเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการแจกแจงแบบไคสแควร์ เมื่อพารามิเตอร์แสดงรูปร่างมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทำให้เข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ทำให้อำนาจการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบลงด้วยเช่นกัน

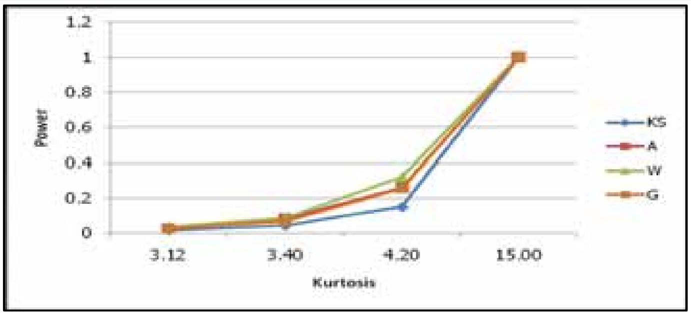
ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจง G(0.5,1), G(1,1), G(3,1) และ G(10,1) ซึ่งเป็นการแจกแจงแบบเบ้ขวา เมื่อกำหนดความเบ้เท่ากับ 2.828, 2.0, 1.155, 0.633 ตามลำดับ ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 26

จากกราฟที่ 26 ภายใต้การแจกแจงแบบ G(0.5,1), G(1,1), G(3,1) และ G(10,1) เมื่อความเบ้เพิ่มขึ้น อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้นทุกตัว และสำหรับทุกระดับนัยสำคัญ พบว่า ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ สำหรับทุกการแจกแจง

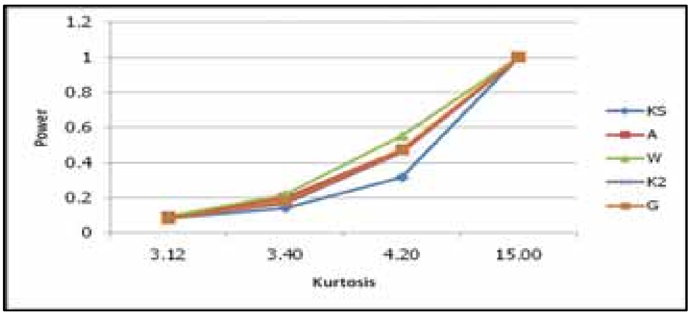


กราฟที่ 26 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ G(0.5,1), G(1,1), G(3,1) และ G(10,1) ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

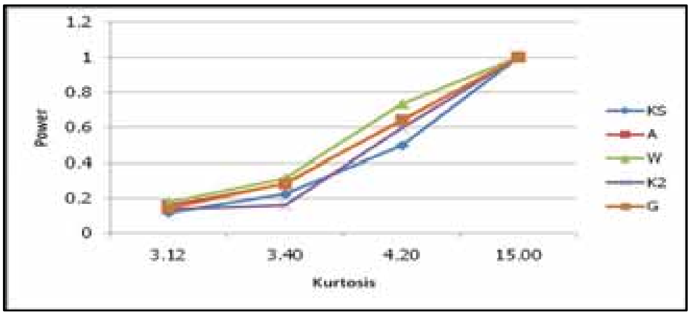
ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจง χ^2_1, χ^2_{10}, χ^2_{30} และ χ^2_{100} เมื่อกำหนดความโด่งเท่ากับ 15.0, 4.2, 3.4 และ 3.12 ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 27 ตามลำดับ



α=0.01



α=0.05

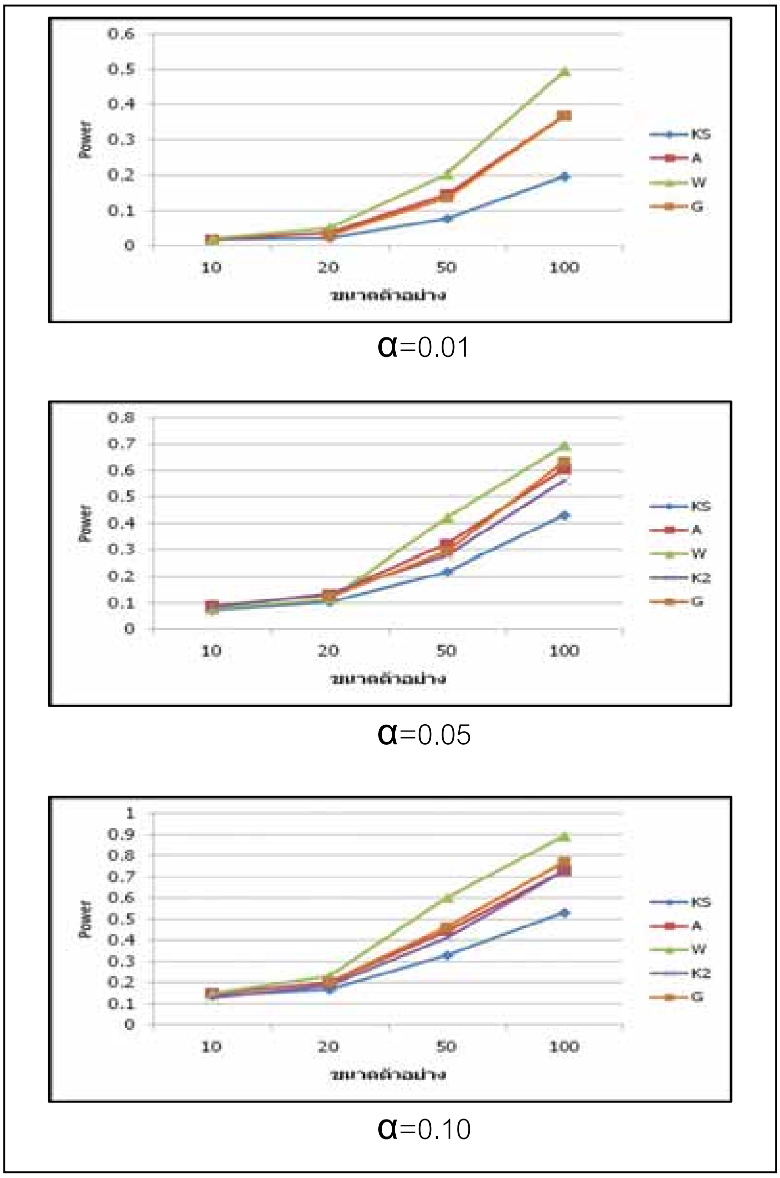


α=0.10

กราฟที่ 27 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ χ_1^2 , χ_{10}^2 , χ_{30}^2 และ χ_{100}^2 ที่ n=50 ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

จากกราฟที่ 27 พบว่า ทุกระดับนัยสำคัญ อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทุกตัวเพิ่มขึ้น โดยที่ ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A สำหรับทุกการแจกแจงแบบไคสแควร์

ตัวอย่างการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว ภายใต้การแจกแจงWeibull(2,1) เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10 แสดงในกราฟที่ 28 ตามลำดับ



กราฟที่ 28 เปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบ Weibull(2,1) เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.10

จากกราฟที่ 28 ภายใต้การแจกแจง Weibull(2,1) เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่างๆ กัน สำหรับทุกระดับนัยสำคัญ อำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบเพิ่มขึ้นทุกตัวเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น โดยที่ ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ โดยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ A

ตารางที่ 23 แสดงการสรุปผลความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว

ตารางที่ 23 การสรุปผลความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว

ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ					
	KS	A	W	D	K2	G
				n = 10		
0.01	ได้	ได้	ได้	**ไม่ได้**	**ไม่ได้**	ได้
0.05	ได้	ได้	ได้	**ไม่ได้**	ได้	ได้
0.10	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้
				n = 20		
0.01	ได้	ได้	ได้	**ไม่ได้**	**ไม่ได้**	ได้
0.05	ได้	ได้	ได้	**ไม่ได้**	ได้	ได้
0.10	ได้	ได้	ได้	**ไม่ได้**	ได้	ได้
				n = 50		
0.01	ได้	ได้	ได้	**ไม่ได้**	**ไม่ได้**	ได้
0.05	ได้	ได้	ได้	**ไม่ได้**	ได้	ได้
0.10	ได้	ได้	ได้	**ไม่ได้**	ได้	ได้

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ					
	KS	A	W	D	K2	G
			n = 100			
0.01	ได้	ได้	ได้	**ไม่ได้**	**ไม่ได้**	ได้
0.05	ได้	ได้	ได้	**ไม่ได้**	ได้	ได้
0.10	ได้	ได้	ได้	**ไม่ได้**	ได้	ได้

ตารางที่ 24-31 แสดงการสรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว โดยตัวเลข (1) หมายถึง ตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพที่สูงที่สุด

ตารางที่ 24 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมาตรฐาน

	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
การแจกแจงที่มีลักษณะ				n = 10		
ใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติ	0.01	(2)	(1)	(3)	-	-
	0.05	(3)	(1)	(2)	(1)	-
	0.10	(1)	(4)	(3)	(2)	-
				n = 20		
	0.01	(3)	(1)	(4)	-	(2)
	0.05	(4)	(1)	(3)	(1)	(2)
	0.10	(1)	(4)	(2)	(2)	(3)
				n = 50		
	0.01	(3)	(1)	(3)	-	(2)
	0.05	(4)	(1)	(3)	(2)	(4)
	0.10	(1)	(2)	(4)	(3)	(5)

ตารางที่ 24 (ต่อ)

	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
การแจกแจงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติ				n = 100		
	0.01	(2)	(2)	(1)	-	(3)
	0.05	(4)	(3)	(1)	(2)	(5)
	0.10	(3)	(5)	(1)	(2)	(4)

จากตารางที่ 24 เมื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว พบว่า มีประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานได้ค่อนข้างต่ำ เมื่อข้อมูลสุ่มมาจากประชากรมีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ KS เหมาะสำหรับข้อมูลขนาดเล็กและขนาดกลาง และ ตัวสถิติทดสอบ W เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่

ตารางที่ 25 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงแบบ $\mathrm{pN}(0,\sigma^2)+(1-\mathrm{p})\mathrm{N}(0,1)$

	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
การแจกแจงแบบ $\mathrm{pN}(0,\sigma^2)+(1-\mathrm{p})\mathrm{N}(0,1)$				n = 10		
	0.01	(3)	(2)	(1)	-	-
	0.05	(4)	(3)	(2)	(1)	-
	0.10	(4)	(2)	(3)	(1)	-
				n = 20		
	0.01	(4)	(3)	(2)	-	(1)
	0.05	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
	0.10	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)

ตารางที่ 25 (ต่อ)

	ระดับ นัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
การแจกแจงแบบ				n = 50		
$pN(0,\sigma^2)+(1-p)N(0,1)$	0.01	(4)	(2)	(3)	-	(1)
	0.05	(5)	(3)	(4)	(1)	(2)
	0.10	(5)	(3)	(4)	(1)	(2)
				n = 100		
	0.01	(4)	(3)	(2)	-	(1)
	0.05	(5)	(4)	(3)	(1)	(2)
	0.10	(5)	(4)	(3)	(1)	(2)

จากตารางที่ 25 เมื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว พบว่า มีประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานได้ค่อนข้างสูง เมื่อความแปรปรวนและสัดส่วนในการปลอมปนเพิ่มมากขึ้น ตัวสถิติทดสอบ K^2 เหมาะสำหรับข้อมูลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ตัวสถิติทดสอบ G เหมาะสำหรับข้อมูลขนาดกลาง

ตารางที่ 26 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงแบบ $0.1N(0,\sigma^2)+0.9N(0,1)$

	ระดับ นัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
การแจกแจงแบบ				n = 10		
$0.1N(0,\sigma^2)+0.9N(0,1)$	0.01	(3)	(2)	(1)	-	-
	0.05	(4)	(3)	(2)	(1)	-
	0.10	(4)	(3)	(2)	(1)	-

ตารางที่ 26 (ต่อ)

	ระดับนัยสำคัญ	KS	A	W	K2	G
การแจกแจงแบบ				n = 20		
$0.1\mathrm{N}(0,\sigma^2)+0.9\mathrm{N}(0,1)$	0.01	(4)	(3)	(2)	-	(1)
	0.05	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
	0.10	(5)	(4)	(3)	(1)	(2)
				n = 50		
	0.01	(4)	(3)	(2)	-	(1)
	0.05	(4)	(3)	(3)	(1)	(2)
	0.10	(5)	(3)	(4)	(1)	(2)
				n = 100		
	0.01	(4)	(2)	(3)	-	(1)
	0.05	(5)	(4)	(2)	(1)	(3)
	0.10	(5)	(4)	(2)	(1)	(3)

จากตารางที่ 26 เมื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว พบว่า มีประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานได้ค่อนข้างสูง เมื่อสัดส่วนของการปลอมปนเท่ากับ 0.1 ตัวสถิติทดสอบ K^2 เหมาะสำหรับข้อมูลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ตัวสถิติทดสอบ G เหมาะสำหรับข้อมูลขนาดกลาง

ตารางที่ 27 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงแบบ $0.3N(0,\sigma^2)+0.7N(0,1)$

	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
การแจกแจงแบบ				n = 10		
$0.3N(0,\sigma^2)+0.7N(0,1)$	0.01	(3)	(2)	(1)	-	-
	0.05	(4)	(3)	(2)	(1)	-
	0.10	(3)	(2)	(4)	(1)	-
				n = 20		
	0.01	(4)	(2)	(3)	-	(1)
	0.05	(5)	(2)	(3)	(4)	(1)
	0.10	(5)	(2)	(3)	(4)	(1)
				n = 50		
	0.01	(4)	(2)	(3)	-	(1)
	0.05	(5)	(3)	(4)	(2)	(1)
	0.10	(5)	(2)	(4)	(3)	(1)
				n = 100		
	0.01	(4)	(3)	(1)	-	(2)
	0.05	(5)	(3)	(4)	(1)	(2)
	0.10	(5)	(2)	(3)	(1)	(4)

จากตารางที่ 27 เมื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว พบว่า มีประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานได้ค่อนข้างสูง เมื่อสัดส่วนของการปลอมปนเท่ากับ 0.3 ตัวสถิติทดสอบ ตัวสถิติทดสอบ K^2 เหมาะสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบ G เหมาะสำหรับข้อมูลขนาดกลาง ตัวสถิติทดสอบ K^2 และ ตัวสถิติทดสอบ G มีความเหมาะสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่

ตารางที่ 28 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงแบบสมมาตรและโด่งต่ำ

	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
การแจกแจงแบบ		n = 10				
สมมาตรและโด่งต่ำ	0.01	(1)	(2)	(3)	-	-
	0.05	(1)	(2)	(3)	(4)	-
	0.10	(1)	(2)	(3)	(4)	-
		n = 20				
	0.01	(2)	(3)	(1)	-	(4)
	0.05	(3)	(2)	(1)	(5)	(4)
	0.10	(3)	(2)	(1)	(5)	(4)
		n = 50				
	0.01	(3)	(2)	(1)	-	(4)
	0.05	(5)	(3)	(1)	(2)	(4)
	0.10	(5)	(3)	(1)	(2)	(4)
		n = 100				
	0.01	(4)	(2)	(1)	-	(3)
	0.05	(5)	(3)	(1)	(2)	(4)
	0.10	(4)	(2)	(1)	(2)	(3)

จากตารางที่ 28 เมื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว พบว่า มีประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานได้ค่อนข้างสูง เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงแบบสมมาตรและโด่งต่ำ ตัวสถิติทดสอบ KS เหมาะสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบ W เหมาะสำหรับข้อมูลขนาดกลางและขนาดใหญ่

ตารางที่ 29 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงแบบสมมาตรและโด่งสูง

	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
การแจกแจงแบบสมมาตรและโด่งสูง				n = 10		
	0.01	(3)	(1)	(2)	-	-
	0.05	(3)	(2)	(4)	(1)	-
	0.10	(2)	(4)	(3)	(1)	-
				n = 20		
	0.01	(4)	(3)	(2)	-	(1)
	0.05	(5)	(4)	(3)	(1)	(2)
	0.10	(4)	(2)	(3)	(1)	(2)
				n = 50		
	0.01	(4)	(2)	(3)	-	(1)
	0.05	(4)	(3)	(4)	(1)	(2)
	0.10	(4)	(2)	(5)	(1)	(3)
				n = 100		
	0.01	(4)	(3)	(2)	-	(1)
	0.05	(5)	(2)	(4)	(1)	(3)
	0.10	(5)	(3)	(5)	(1)	(2)

จากตารางที่ 29 เมื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว พบว่า มีประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานได้ค่อนข้างต่ำ เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงแบบสมมาตรและโด่งสูง ตัวสถิติทดสอบ K^2 เหมาะสำหรับข้อมูลการแจกแจงแบบสมมาตรและโด่งสูง

ตารางที่ 30 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงแบบไม่สมมาตรและโด่งต่ำ

	ระดับนัยสำคัญ	ตัวสถิติทดสอบ				
		KS	A	W	K2	G
การแจกแจงแบบ				n = 10		
ไม่สมมาตรและโด่งต่ำ	0.01	(3)	(1)	(2)	-	-
	0.05	(3)	(2)	(1)	(4)	-
	0.10	(3)	(2)	(1)	(4)	-
				n = 20		
	0.01	(3)	(2)	(1)	-	(4)
	0.05	(3)	(2)	(1)	(5)	(4)
	0.10	(4)	(2)	(1)	(5)	(3)
				n = 50		
	0.01	(3)	(2)	(1)	-	(4)
	0.05	(4)	(2)	(1)	(5)	(3)
	0.10	(4)	(2)	(1)	(5)	(3)
				n = 100		
	0.01	(4)	(2)	(1)	-	(3)
	0.05	(5)	(2)	(1)	(4)	(3)
	0.10	(5)	(2)	(1)	(4)	(3)

จากตารางที่ 30 เมื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว พบว่า มีประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานได้ค่อนข้างสูง เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงแบบไม่สมมาตรและโด่งต่ำ ตัวสถิติทดสอบ W เหมาะสำหรับข้อมูลการแจกแจงแบบไม่สมมาตรและโด่งต่ำ

ตารางที่ 31 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงแบบไม่สมมาตรและโด่งสูง

	ระดับนัยสำคัญ	KS	A	W	K2	G
การแจกแจงแบบไม่สมมาตรและโด่งสูง				n = 10		
	0.01	(3)	(2)	(1)	-	-
	0.05	(4)	(2)	(1)	(3)	-
	0.10	(3)	(2)	(1)	(4)	-
				n = 20		
	0.01	(4)	(2)	(1)	-	(3)
	0.05	(5)	(2)	(1)	(4)	(3)
	0.10	(4)	(2)	(1)	(5)	(3)
				n = 50		
	0.01	(4)	(2)	(1)	-	(3)
	0.05	(5)	(2)	(1)	(4)	(3)
	0.10	(5)	(2)	(1)	(4)	(3)
				n = 100		
	0.01	(4)	(2)	(1)	-	(3)
	0.05	(5)	(2)	(1)	(4)	(3)
	0.10	(5)	(3)	(1)	(4)	(2)

จากตารางที่ 31 เมื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว พบว่า มีประสิทธิภาพในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานได้ค่อนข้างสูง เมื่อสุ่มข้อมูลจากการแจกแจงแบบไม่สมมาตรและโด่งสูง ตัวสถิติทดสอบ W เหมาะสำหรับข้อมูลการแจกแจงแบบไม่สมมาตรและโด่งสูง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบ 6 ตัว ที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัว ประกอบด้วย ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ D ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ G ประชากรที่ศึกษาประกอบด้วย ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน สำหรับการทดสอบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และการแจกแจงแบบต่างๆ ได้แก่ การแจกแจงแบบ Contaminated Normal การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบไคสแควร์ การแจกแจงแบบเบต้า การแจกแจงแบบแกมมา การแจกแจงแบบไวบูล และการแจกแจงแบบลาปลาส โดยแต่ละการแจกแจงมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ กัน โดยแบ่งการพิจารณาในกลุ่มของการแจกแจงแบบไม่ปกติออกเป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่มการแจกแจงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมาตรฐาน N(0,1) กลุ่มการแจกแจงแบบ Contaminated Normal กลุ่มการแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งต่ำ กลุ่มการแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งสูง กลุ่มการแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งต่ำ และ กลุ่มการแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งสูงสำหรับทดสอบอำนาจการทดสอบ ขนาดตัวอย่างที่ศึกษามี 4 ขนาด คือ 10, 20, 50 และ 100 โดยตัวอย่างขนาด 10 ใช้ศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบ 5 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ D และ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ส่วนขนาดตัวอย่าง 20, 50 และ 100 ใช้ศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบ 6 ตัว คือ ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ D ตัวสถิติทดสอบ K2 และตัวสถิติทดสอบ G โดยจะถือว่าตัวอย่าง

ขนาด 10 แทนตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวอย่างขนาด 20 เป็นตัวแทนของตัวอย่างขนาดกลาง และตัวอย่างขนาด 50 และ 100 เป็นตัวแทนของตัวอย่างขนาดใหญ่ กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับ คือ 0.01, 0.05 และ 0.10 ทำการจำลองข้อมูลจำนวน 1,000 ครั้ง ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ D ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ G โดยจะถือว่าตัวอย่างขนาด 10 ควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 6 ตัวสรุปได้ดังนี้

ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1ของตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ 6 ตัว สามารถสรุปได้ดังนี้

1. โดยส่วนใหญ่ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ G สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ ซึ่งโดยภาพรวมแล้ว ตัวสถิติทดสอบ W มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด

2. ตัวสถิติทดสอบ K^2 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ในทุกขนาดตัวอย่าง

3. ตัวสถิติทดสอบ D ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ขนาดตัวอย่าง 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ขนาดตัวอย่าง 20, 50 และ 100 ทุกระดับนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว ตัวสถิติทดสอบ K^2 ไม่ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ดังนั้นในการทดสอบอำนาจการทดสอบ จะไม่นำตัวสถิติทดสอบ K^2 มาพิจารณาเปรียบเทียบในการอำนาจการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนตัวสถิติทดสอบ D ไม่ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในหลายกรณี ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จะไม่นำเอาตัวสถิติทดสอบ D มาพิจารณาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่ใช้การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน 5 ตัว คือตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ G แยกตามกลุ่มของการแจกแจง 6 ลักษณะ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. กรณีการแจกแจงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติมาตรฐาน N(0,1) ได้แก่ t_{100} พบว่า สำหรับขนาดตัวอย่างขนาดเล็กและขนาดกลาง ตัวสถิติทดสอบ A มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถิติ K^2 ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ G และตัวสถิติทดสอบ W ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างขนาดใหญ่ พบว่า ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ G ตามลำดับ

2. กรณีการแจกแจงแบบ Contaminated Normal $pN(0,\sigma^2)+(1-p)N(0,1)$ โดยที่ p = 0.1 และ 0.3 , σ = 3, 5 และ 7

2.1 กรณีที่ความแปรปรวนของข้อมูลที่ปลอมปนเพิ่มขึ้น พบว่า สำหรับข้อมูลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS สำหรับข้อมูลขนาดกลาง ทุกระดับนัยสำคัญและข้อมูลขนาดใหญ่ ระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

2.2 กรณีที่สัดส่วนการปลอมปนเพิ่มขึ้น พบว่า ในกรณีที่สัดส่วนการปลอมปนเป็น 0.1 สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS สำหรับระดับนัยสำคัญ 0.01 ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ W ตัวสถิติทดสอบ A และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มสัดส่วนการปลอมปนเป็น 0.3 พบว่า ตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ สำหรับขนาดตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ (50) ตัวสถิติทดสอบ G มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

3. กรณีการแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งต่ำ ได้แก่ การแจกแจงแบบ B(2,2) และ B(5,5)พบว่าที่ตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบ KS ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่สูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ K^2 ตามลำดับ และตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตัวสถิติทดสอบ W ให้ค่าอำนาจการทดสอบที่สูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ K^2 และตัวสถิติทดสอบ G ตามลำดับ

4. กรณีการแจกแจงที่มีลักษณะสมมาตรและโด่งสูง ได้แก่การแจกแจงแบบ t_{10}, t_{20}, t_{30} และLP(1,3) พบว่าทุกขนาดตัวอย่าง ตัวสถิติทดสอบ K^2 มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ KS ตามลำดับ

5. การแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งต่ำ ได้แก่การแจกแจงแบบ B(1,2), B(2,1) B(2,5), B(5,2), Weibull(3,1) และ Weibull(4,1) พบว่าทุกขนาดตัวอย่าง ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ KS และตัวสถิติทดสอบ K^2 ตามลำดับ

6. การแจกแจงที่มีลักษณะไม่สมมาตรและโด่งสูง ได้แก่การแจกแจงแบบ χ^2_1 , χ^2_{10} , χ^2_{30} , χ^2_{100} , G(0.5,1), G(1,1), G(3,1), G(10,1) และ Weibull(2,1)พบว่าทุกขนาดตัวอย่าง ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ G ตัวสถิติทดสอบ KS และตัวสถิติทดสอบ K^2 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบโดยรวมของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว พบว่า ตัวสถิติทดสอบ A มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ KS ตัวสถิติทดสอบ W และตัวสถิติทดสอบ K^2 สำหรับตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบ W มีอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ A ตัวสถิติทดสอบ K^2 ตัวสถิติทดสอบ G และตัวสถิติทดสอบ KS สำหรับตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งผลสรุปการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบนั้นให้ผลสอดคล้องกับความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ซึ่งตัวสถิติทดสอบ W มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุด

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ ทั้ง 6 ตัวพบว่าขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. รูปร่างการแจกแจงพบว่า เมื่อรูปร่างของการแจกแจงมีความใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน เช่นการแจกแจงแบบ t_{100}, Weibull(2,1), Weibull(3,1), Weibull(4,1) และ χ^2_{100} เป็นต้น โอกาสตรวจจับของตัวสถิติทดสอบจะค่อนข้างยาก จึงทำให้อำนาจการทดสอบน้อยมาก แต่ถ้ารูปร่างของการแจกแจงเบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานมากขึ้น เช่น ความแปรปรวนของข้อมูลที่ปลอมปนเพิ่มขึ้น หรือ มีความโด่ง หรือ ความเบ้ที่แตกต่างจากความโด่งหรือ ความเบ้ของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน อำนาจการทดสอบก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย โดยที่ ความแปรปรวนเพิ่มของข้อมูลที่ปลอมปนมากขึ้น ความเบ้เพิ่มขึ้น และ ความโด่งเพิ่มขึ้นทำให้อำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นทุกตัวสถิติทดสอบ เมื่อพิจารณาถึงแต่ละตัวสถิติทดสอบแล้วพบว่า

1.1 ตัวสถิติทดสอบ W ควรใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงในลักษณะสมมาตรและโด่งต่ำ ได้แก่การแจกแจงแบบ B(2,2) และ B(5,5) ไม่สมมาตรและโด่งต่ำ ได้แก่การแจกแจงแบบ B(1,2) B(2,1) B(2,5), B(5,2), Weibull(3,1) และ Weibull(4,1) และไม่สมมาตรและโด่งสูง ได้แก่การแจกแจงแบบ χ^2_1, χ^2_{10}, χ^2_{30}, χ^2_{100}, G(0.5,1), G(1,1), G(3,1), G(10,1) และ Weibull(2,1) ในตัวอย่างขนาดกลางจนถึงตัวอย่างขนาดใหญ่

1.2 ตัวสถิติทดสอบ KS ควรใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงในลักษณะสมมาตรและโด่งต่ำ ได้แก่การแจกแจงแบบ B(2,2) และ B(5,5) ที่ตัวอย่างขนาดเล็ก ส่วนใหญ่แล้วตัวสถิติทดสอบ KS เหมาะสมที่จะทดสอบกับตัวอย่างขนาดเล็กมากกว่าขนาดกลางและขนาดใหญ่

1.3 การทดสอบ A ควรใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงในลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ได้แก่การแจกแจงแบบ t_{100} ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 สำหรับตัวอย่างขนาดเล็กและขนาดกลาง การแจกแจงแบบสมมาตรและโด่งสูง ได้แก่การแจกแจงแบบ t_{10}, t_{20}, t_{30} และ LP(1,3) และการแจกแจงแบบไม่สมมาตรและโด่งต่ำ ได้แก่การแจกแจงแบบ B(1,2) B(2,1) B(2,5), B(5,2), Weibull(3,1) และ Weibull(4,1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

1.4 การทดสอบ K^2 ควรใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงในลักษณะสมมาตรและโด่งสูง ได้แก่การแจกแจงแบบ t_{10}, t_{20}, t_{30} และ LP(1,3) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 และการแจกแจงแบบ Contaminated Normal ได้แก่การแจกแจงแบบ $pN(0,\sigma^2)+(1-p)N(0,1)$ สำหรับตัวอย่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10

1.5 การทดสอบ G ควรใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงในลักษณะสมมาตรและโด่งสูง ได้แก่การแจกแจงแบบ t_{10}, t_{20}, t_{30} และ LP(1,3) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และการแจกแจงแบบ Contaminated Normal ได้แก่การแจกแจงแบบ $pN(0,\sigma^2)+(1-p)N(0,1)$ สำหรับตัวอย่างขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2. เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นทำให้อำนาจการทดสอบสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

ในการวิจัยครั้งนี้เสนอผลสรุปการใช้ตัวสถิติทดสอบสำหรับทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานภายใต้สถานการณ์ต่างๆ แสดงในตารางที่ 32

ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยชิ้นต่อไปควรขยายไปศึกษาการทดสอบการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน หรืออาจจะศึกษาจากข้อมูลจริง เพื่อจะได้ทราบถึงประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบในการทดสอบแต่ละวิธี หรืออาจจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบแบบอื่นที่มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่

ตารางที่ 32 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 ตัว

ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ	ลักษณะการแจกแจง					
		ใกล้เคียงการแจกแจงแบบปกติ	Contaminate Normal	สมมาตรและโด่งต่ำ	สมมาตรและโด่งสูง	ไม่สมมาตรและโด่งต่ำ	ไม่สมมาตรและโด่งสูง
10	0.01	A	W	KS	A	A	W
	0.05	A, K^2	K^2	KS	K^2	W	W
	0.10	KS	K^2	KS	K^2	W	W
20	0.01	A	G	W	G	W	W
	0.05	A, K^2	K^2	W	K^2	W	W
	0.10	KS	K^2	W	K^2	W	W
50	0.01	A	G	W	G	W	W
	0.05	A	K^2	W	K^2	W	W
	0.10	KS	K^2	W	K^2	W	W
100	0.01	W	G	W	G	W	W
	0.05	W	K^2	W	K^2	W	W
	0.15	W	K^2	W	K^2	W	W

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

รุ้งรวี เอื้อเจริญทรัพย์. "การศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล 4 การทดสอบ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544.

รวมพร เรืองโรจน์. "การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของวิธีสถิติทดสอบการแจกแจงปกติระหว่างไคสแควร์ สถิติชาพีโร-วัลด์ และสถิติชาพีโร-ฟรานเซีย." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2543.

ภาษาอังกฤษ

Anderson, T. W. and D.A. Darling. "A test of goodness-of-fit." J. AM. Statist. Ass. 49(1952) : 765-769.

Bloom, G. Statistical estimates and transformed beta-variables. New York : Wiley, 1985.

Cho, Dong W. and Im Kyung So. A test of normality using Geary's Skewness and Kurtosis Statistic [Online]. Accessed 19 November 2002. Available from http://www.bus.ucf.edu/wp/content/archives/normalit.PDF.

David, Declercq, and Patrick Duvaut. Hermite Normality Test [Online]. Accessed 20 December 2004. Available from http://citeseer.ifi.unizh.ch/declercq97 Hermite.html.

D' Agostino, R.B. "An omnibus test of normality for moderate and large size samples." Biometrika 58(1971) : 341-348.

__________. "Small sample probability point for the D test of normality." Biometrika 59(1972) : 219-221.

Filliben, J.J. "The probability plot correlation coefficient test for normality." Technomatrics 17(1975) : 111-117.

Geary, R.C., "The ratio of the mean deviation to standard deviation as a test of normality." Biometrika 27(1936) : 310-332.

————. "Testing for normality." Biometrika 34(1947) : 209-242.

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

Royston, JP. "An extension of shapiro and wilk's W test for normality to large sample." Appl.Statist 31 (1982) :115-124.

————. "Algorithm AS181 : The W test for normality." Appl.Statist 31 (1982) : 176-180.

Sarhan, A.E. and B.G. Greenberg. "Estimation of location and scale parameters by order statistics from singly and doubly censored samples." Ann. Math. Statist. 27(1956) : 427-451.

Seier, E. "Comparison of test for univariate normality." [Online].Accessed 15 November 2003. Available from http://www.etsu.edu/math/seier/vita.htm.

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

Sheskin, David J. Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures. New York : Chapman & Hall, 2000.

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

Zhang, P. "Omnibus test of normality using the Q statistic." Journal of Applied Statistics 26(1999) : 519-528.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมที่ใช้คำนวณค่าการทดสอบและการนับจำนวนการปฏิเสธสมมติฐานหลัก

```
MACRO
statistic
mconstant n i j p h
mcolumn x w m d a y g k1 k2 k3 k4 k5 k6 k7 k8 k9 k10 k11 k12 k13 k14 k15 k16 k17 k18 k19
k20 k21 k22 k23 k24 k25 k26 k27 k28 k29 k30 k31 k32 k33 k34 k35 k36 k37 k38 k39 k40 k41
k42 k43 k44 k45 k46 k47 k48 k49 k50 k51 k52 k53 k54 k55 k56 k57 k58 k59 k60 k61 k62 k63
k64 k65 k66 k67 k68 k69 k70 k71 k72 k73 k74 k75 k76 k77 k78 k79 k80 k81 k82 k83 k84 k85
k86 k87 k88 k89 k90 k91 k92 k93 k94 k95 k96 k97 k98 k99 k100 k101 k102 k103 k104 k105
k106 k107 k108 k109 k110 k111 k112
let h=0.01
let p=1000
do i=1:p
 ################################# Main_Program ################################
random 50 x;
normal 0 1.
 #################################### W TEST ####################################
let n=count(x)
sort(x) k1
let k2=sum(x)
let k3=k2/n
do j=1:n
let k4=(k1-k3)**2
enddo
let k5=sum(k4)
if n=10
```

---------------ค่าสัมประสิทธิ์ของ a_{n-i+1} สำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10-----------------

```
let k6(n)=0.5739
let k6(n-1)=0.3291
```

```
let k6(n-2)=0.2141
let k6(n-3)=0.1224
let k6(n-4)=0.0399
do j=1:1
let k7(j)=k6(n)*(k1(n)-k1(j))
let k7(j+1)=k6(n-1)*(k1(n-1)-k1(j+1))
let k7(j+2)=k6(n-2)*(k1(n-2)-k1(j+2))
let k7(j+3)=k6(n-3)*(k1(n-3)-k1(j+3))
let k7(j+4)=k6(n-4)*(k1(n-4)-k1(j+4))
let k8=sum(k7)
enddo
else if n=20
```

---------------ค่าสัมประสิทธิ์ของ a_{n-i+1} สำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20-----------------

```
let k6(n)=0.4734
let k6(n-1)=0.3211
let k6(n-2)=0.2565
let k6(n-3)=0.2085
let k6(n-4)=0.1686
let k6(n-5)=0.1334
let k6(n-6)=0.1013
let k6(n-7)=0.0711
let k6(n-8)=0.0422
let k6(n-9)=0.0140
do j=1:1
let k7(j)=k6(n)*(k1(n)-k1(j))
let k7(j+1)=k6(n-1)*(k1(n-1)-k1(j+1))
let k7(j+2)=k6(n-2)*(k1(n-2)-k1(j+2))
let k7(j+3)=k6(n-3)*(k1(n-3)-k1(j+3))
let k7(j+4)=k6(n-4)*(k1(n-4)-k1(j+4))
```

```
let k7(j+5)=k6(n-5)*(k1(n-5)-k1(j+5))
let k7(j+6)=k6(n-6)*(k1(n-6)-k1(j+6))
let k7(j+7)=k6(n-7)*(k1(n-7)-k1(j+7))
let k7(j+8)=k6(n-8)*(k1(n-8)-k1(j+8))
let k7(j+9)=k6(n-9)*(k1(n-9)-k1(j+9))
let k8=sum(k7)
enddo
else if n=50
```

---------------ค่าสัมประสิทธิ์ของ a_{n-i+1} สำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50-----------------

```
let k6(n)=0.3751
let k6(n-1)=0.2574
let k6(n-2)=0.2260
let k6(n-3)=0.2032
let k6(n-4)=0.1847
let k6(n-5)=0.1691
let k6(n-6)=0.1554
let k6(n-7)=0.1430
let k6(n-8)=0.1317
let k6(n-9)=0.1212
let k6(n-10)=0.1113
let k6(n-11)=0.1020
let k6(n-12)=0.0932
let k6(n-13)=0.0846
let k6(n-14)=0.0764
let k6(n-15)=0.0685
let k6(n-16)=0.0608
let k6(n-17)=0.0532
let k6(n-18)=0.0459
let k6(n-19)=0.0386
```

```
let k6(n-20)=0.0314
let k6(n-21)=0.0244
let k6(n-22)=0.0174
let k6(n-23)=0.0104
let k6(n-24)=0.0035
do j=1:1
let k7(j)=k6(n)*(k1(n)-k1(j))
let k7(j+1)=k6(n-1)*(k1(n-1)-k1(j+1))
let k7(j+2)=k6(n-2)*(k1(n-2)-k1(j+2))
let k7(j+3)=k6(n-3)*(k1(n-3)-k1(j+3))
let k7(j+4)=k6(n-4)*(k1(n-4)-k1(j+4))
let k7(j+5)=k6(n-5)*(k1(n-5)-k1(j+5))
let k7(j+6)=k6(n-6)*(k1(n-6)-k1(j+6))
let k7(j+7)=k6(n-7)*(k1(n-7)-k1(j+7))
let k7(j+8)=k6(n-8)*(k1(n-8)-k1(j+8))
let k7(j+9)=k6(n-9)*(k1(n-9)-k1(j+9))
let k7(j+10)=k6(n-10)*(k1(n-10)-k1(j+10))
let k7(j+11)=k6(n-11)*(k1(n-11)-k1(j+11))
let k7(j+12)=k6(n-12)*(k1(n-12)-k1(j+12))
let k7(j+13)=k6(n-13)*(k1(n-13)-k1(j+13))
let k7(j+14)=k6(n-14)*(k1(n-14)-k1(j+14))
let k7(j+15)=k6(n-15)*(k1(n-15)-k1(j+15))
let k7(j+16)=k6(n-16)*(k1(n-16)-k1(j+16))
let k7(j+17)=k6(n-17)*(k1(n-17)-k1(j+17))
let k7(j+18)=k6(n-18)*(k1(n-18)-k1(j+18))
let k7(j+19)=k6(n-19)*(k1(n-19)-k1(j+19))
let k7(j+20)=k6(n-20)*(k1(n-20)-k1(j+20))
let k7(j+21)=k6(n-21)*(k1(n-21)-k1(j+21))
let k7(j+22)=k6(n-22)*(k1(n-22)-k1(j+22))
```

```
let k7(j+23)=k6(n-23)*(k1(n-23)-k1(j+23))
let k7(j+24)=k6(n-24)*(k1(n-24)-k1(j+24))
let k8=sum(k7)
enddo
else if n=100
```

---------------ค่าสัมประสิทธิ์ของ a_{n-i+1} สำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100-----------------

```
let k6(n)=0.31583
let k6(n-1)=0.208879655
let k6(n-2)=0.188995542
let k6(n-3)=0.175198552
let k6(n-4)=0.164057057
let k6(n-5)=0.154727125
let k6(n-6)=0.14663697
let k6(n-7)=0.139452096
let k6(n-8)=0.132956636
let k6(n-9)=0.127006677
let k6(n-10)=0.121498176
let k6(n-11)=0.11635288
let k6(n-12)=0.111518698
let k6(n-13)=0.106943677
let k6(n-14)=0.102594246
let k6(n-15)=0.098441235
let k6(n-16)=0.094461307
let k6(n-17)=0.090633069
let k6(n-18)=0.086940964
let k6(n-19)=0.083370405
let k6(n-20)=0.079908752
let k6(n-21)=0.076545309
let k6(n-22)=0.073271325
```

```
let k6(n-23)=0.07007902
let k6(n-24)=0.066960615
let k6(n-25)=0.063909305
let k6(n-26)=0.060920229
let k6(n-27)=0.05787545
let k6(n-28)=0.0551064
let k6(n-29)=0.052272901
let k6(n-30)=0.049484131
let k6(n-31)=0.046734256
let k6(n-32)=0.044022304
let k6(n-33)=0.041343413
let k6(n-34)=0.03869661
let k6(n-35)=0.036077033
let k6(n-36)=0.033484683
let k6(n-37)=0.030901376
let k6(n-38)=0.028367077
let k6(n-39)=0.025837931
let k6(n-40)=0.023327261
let k6(n-41)=0.020831176
let k6(n-42)=0.018348704
let k6(n-43)=0.015878873
let k6(n-44)=0.013418766
let k6(n-45)=0.01096741
let k6(n-46)=0.008522861
let k6(n-47)=0.006084146
let k6(n-48)=0.003649321
let k6(n-49)=0.00121644
do j=1:1
let k7(j)=k6(n)*(k1(n)-k1(j))
```

```
let k7(j+1)=k6(n-1)*(k1(n-1)-k1(j+1))
let k7(j+2)=k6(n-2)*(k1(n-2)-k1(j+2))
let k7(j+3)=k6(n-3)*(k1(n-3)-k1(j+3))
let k7(j+4)=k6(n-4)*(k1(n-4)-k1(j+4))
let k7(j+5)=k6(n-5)*(k1(n-5)-k1(j+5))
let k7(j+6)=k6(n-6)*(k1(n-6)-k1(j+6))
let k7(j+7)=k6(n-7)*(k1(n-7)-k1(j+7))
let k7(j+8)=k6(n-8)*(k1(n-8)-k1(j+8))
let k7(j+9)=k6(n-9)*(k1(n-9)-k1(j+9))
let k7(j+10)=k6(n-10)*(k1(n-10)-k1(j+10))
let k7(j+11)=k6(n-11)*(k1(n-11)-k1(j+11))
let k7(j+12)=k6(n-12)*(k1(n-12)-k1(j+12))
let k7(j+13)=k6(n-13)*(k1(n-13)-k1(j+13))
let k7(j+14)=k6(n-14)*(k1(n-14)-k1(j+14))
let k7(j+15)=k6(n-15)*(k1(n-15)-k1(j+15))
let k7(j+16)=k6(n-16)*(k1(n-16)-k1(j+16))
let k7(j+17)=k6(n-17)*(k1(n-17)-k1(j+17))
let k7(j+18)=k6(n-18)*(k1(n-18)-k1(j+18))
let k7(j+19)=k6(n-19)*(k1(n-19)-k1(j+19))
let k7(j+20)=k6(n-20)*(k1(n-20)-k1(j+20))
let k7(j+21)=k6(n-21)*(k1(n-21)-k1(j+21))
let k7(j+22)=k6(n-22)*(k1(n-22)-k1(j+22))
let k7(j+23)=k6(n-23)*(k1(n-23)-k1(j+23))
let k7(j+24)=k6(n-24)*(k1(n-24)-k1(j+24))
let k7(j+25)=k6(n-25)*(k1(n-25)-k1(j+25))
let k7(j+26)=k6(n-26)*(k1(n-26)-k1(j+26))
let k7(j+27)=k6(n-27)*(k1(n-27)-k1(j+27))
let k7(j+28)=k6(n-28)*(k1(n-28)-k1(j+28))
let k7(j+29)=k6(n-29)*(k1(n-29)-k1(j+29))
```

```
let k7(j+30)=k6(n-30)*(k1(n-30)-k1(j+30))
let k7(j+31)=k6(n-31)*(k1(n-31)-k1(j+31))
let k7(j+32)=k6(n-32)*(k1(n-32)-k1(j+32))
let k7(j+33)=k6(n-33)*(k1(n-33)-k1(j+33))
let k7(j+34)=k6(n-34)*(k1(n-34)-k1(j+34))
let k7(j+35)=k6(n-35)*(k1(n-35)-k1(j+35))
let k7(j+36)=k6(n-36)*(k1(n-36)-k1(j+36))
let k7(j+37)=k6(n-37)*(k1(n-37)-k1(j+37))
let k7(j+38)=k6(n-38)*(k1(n-38)-k1(j+38))
let k7(j+39)=k6(n-39)*(k1(n-39)-k1(j+39))
let k7(j+40)=k6(n-40)*(k1(n-40)-k1(j+40))
let k7(j+41)=k6(n-41)*(k1(n-41)-k1(j+41))
let k7(j+42)=k6(n-42)*(k1(n-42)-k1(j+42))
let k7(j+43)=k6(n-43)*(k1(n-43)-k1(j+43))
let k7(j+44)=k6(n-44)*(k1(n-44)-k1(j+44))
let k7(j+45)=k6(n-45)*(k1(n-45)-k1(j+45))
let k7(j+46)=k6(n-46)*(k1(n-46)-k1(j+46))
let k7(j+47)=k6(n-47)*(k1(n-47)-k1(j+47))
let k7(j+48)=k6(n-48)*(k1(n-48)-k1(j+48))
let k7(j+49)=k6(n-49)*(k1(n-49)-k1(j+49))
let k8=sum(k7)
enddo
endif
let w(i)=k8**2/k5
 ################################ Comparison W Test #############################
if n<=20
let k101=loge(n)-3
let k102=0.118898+0.133414*(k101)+0.327907*(k101**2)
let k103=-0.37542+(-0.492145)*(k101)+(-1.124332)*(k101**2)+(-0.199422)*(k101**3)
```

```
let k104=expo(k103)
let k105=-3.15805+0.729399*(k101)+3.01855*(k101**2)+1.558776*(k101**3)
let k106=expo(k105)
let k107(i)=(((1-w(i))**k102)-k104)/k106
elseif n>=50
let k101=loge(n)-5
let k102=0.480385+(0.318828*k101)+(0*(k101**2))+((-
0.0241665)*(k101**3))+(0.00879701*(k101**4))+(0.002989646*(k101**5))
let k103=-1.91487+(-1.37888*k101)+(-0.04183209*(k101**2))+(0.1066339*(k101**3))+(-
0.03513666*(k101**4))+(-0.01504614*(k101**5))
let k104=expo(k103)
let k105=-3.73538+(-1.015807*k101)+(-0.331885*(k101**2))+(0.1773538*(k101**3))+(-
0.01638782*(k101**4))+(-0.03215018*(k101**5))+(0.003852646*(k101**6))
let k106=expo(k105)
let k107(i)=(((1-w(i))**k102)-k104)/k106
endif
let k63(i)=k107(i)
cdf k63 k108;
normal 0.0 0.1.
let k109(i)=2*(1-k108(i))
if k109(i)<h
let k109(i)=1
else
let k109(i)=0
endif
  ################################## KS TEST ####################################
let k11=sqrt(k5/(n-1))
do j=1:n
let k12=(k1-k3)/k11
```

```
CDF k12 k13;
Normal 0.0 1.0.
enddo
let k14=rank(k1)
let k15=k14/n
let k82=(k14-1)/n
do j=1:n
let k16=abso(k15-k13)
let k83=abso(k82-k13)
enddo
stack k16 k83 k84.
let k91=max(k84)
let k92(i)=k91*(sqrt(n) - 0.01 + 0.85/sqrt(n))
  ################################ Comparison KS Test ##############################
if k92(i)<0.775
let m(i)=0.15
elseif k92(i)<0.819
let m(i)= 0.10 + ((0.819-k92(i))/0.044)*0.05
elseif k92(i)< 0.895
let m(i)= 0.05 + ((0.895-k92(i))/0.076)*0.05
elseif k92(i)< 0.995
let m(i)= 0.025 + ((0.995-k92(i))/0.1)*0.025
else
let m(i)= 0.01 + ((1.035-k92(i))/0.04)*0.015
endif
let k64(i)=m(i)
if k64(i)<h
let k64(i)=1
else
```

```
let k64(i)=0
endif
 ##################################### D TEST ####################################
do j=1:n
let k17=k14-((n+1)/2)
let k18=k17*k1
let k19=sum(k18)
enddo
let k86=sqrt(k5/n)
let k20=k19/((n**2)*k86)
let d(i)=((sqrt(n))*(k20-0.28209479))/0.02998598
 ############################### Comparison D Test ###############################
let k65(i)=d(i)
cdf k65 k66;
normal 0.0 0.1.
let k67(i)=2*(1-k66(i))
if k67(i)<h
let k67(i)=1
else
let k67(i)=0
endif
 ###################################### A TEST ####################################
do j=1:n
let k21=loge(k13)
let k22(j)=1-k13(n+1-j)
let k23=loge(k22)
enddo
let k24=((2*k14)-1)*(k21+k23)
let k25=sum(k24)
```

```
let k87=(-n)-((1/n)*k25)
let k88=k87*(1+(0.75/n)+(2.25/(n**2)))
 ################################ Comparison A Test #############################
if k88>0.60
let a(i) = exp(1.2937 - 5.709*k88 + .0186*k88**2)
elseif k88>0.34
let a(i) = exp(.9177 - 4.279*k88 - 1.38*k88**2)
elseif k88>0.20
let a(i) = 1 - exp(-8.318 + 42.796*k88 - 59.938*k88**2)
else
let a(i) = 1 - exp(-13.436 + 101.14*k88 - 223.73*k88**2)
endif
let k68(i)=a(i)
if k68(i)<h
let k68(i)=1
else
let k68(i)=0
endif
 ################################### K^2 TEST #####################################
let k26=(k5/n)**(3/2)
do j=1:n
let k27=(k1-k3)**3
let k28=sum(k27)
enddo
let k29=k28/n
let k30=k29/k26
let k31=k30*((((n+1)*(n+3))/(6*(n-2)))**0.5)
let k32=(3*((n*n)+(27*n)-70)*(n+1)*(n+3))/((n-2)*(n+5)*(n+7)*(n+9))
let k33=-1+sqrt(2*(k32-1))
```

```
let k34=sqrt(k33)
let k35=1/sqrt(loge(k34))
let k36=sqrt(2/(k33-1))
let k37=k35*loge((k31/k36)+sqrt(((k31/k36)**2)+1))
let k38=(k5/n)**2
do j=1:n
let k39=(k1-k3)**4
let k40=sum(k39)
enddo
let k41=k40/n
let k42=k41/k38
let k43=(3*(n-1))/(n+1)
let k44=sqrt((24*n*(n-2)*(n-3))/(((n+1)**2)*(n+3)*(n+5)))
let k45=(k42-k43)/k44
let k46=((6*((n*n)-(5*n)+2))/((n+7)*(n+9)))*sqrt((6*(n+3)*(n+5))/(n*(n-2)*(n-3)))
let k47=6+((8/k46)*((2/k46)+sqrt(1+(4/(k46**2)))))
let k48=((1-(2/(9*k47)))-(((1-(2/k47))/(1+(k45*sqrt(2/(k47-4)))))**(1/3)))/sqrt(2/(9*k47))
let y(i)=(k37**2)+(k48**2)
################################Comparison K^2 Test ##############################
let k69(i)=y(i)
cdf k69 k70;
chisquare 2.
let k71(i)=1-k70(i)
if k71(i)<h
let k71(i)=1
else
let k71(i)=0
endif
 ################################### G TEST ###################################
```

```
do j=1:n
let k51(j)=0
let k52(j)=0
let k49=(k1-k3)
let k50=abso(k49)
if k49(j)>=0
let k51(j)=k49(j)
else
let k52(j)=k49(j)
endif
enddo
let k53=sum(k51**2)
let k54=sum(k52**2)
let k55=k53-k54
let k56=sum(k50)
let k57=k5/n
let k58=sqrt(k57)
let k59=k56/(n*k58)
let k60=k55/(n*k57)
let k61=((k59-sqrt(2/3.14285))**2)/(1-(3/3.14285))
let k62=(k60**2)/(3-(8/3.14285))
let g(i)=n*(k61+k62)
################################ Comparison G Test ################################
let k72(i)=g(i)
cdf k72 k110;
chisquare 2.
let k111(i)=1-k110(i)
if k111(i)<h
let k111(i)=1
```

```
else
let k111(i)=0
endif
enddo
let k73=sum(k109)
let k74=sum(k64)
let k75=sum(k67)
let k76=sum(k68)
let k77=sum(k71)
let k78=sum(k111)
print k73 k74 k75 k76 k77 k78
endmacro
################################# END PROGRAM################################
```

ภาคผนวก ข
ค่าสัมประสิทธิ์และค่าวิกฤติ

ตารางที่ 33 ค่าวิกฤติบางค่าของสถิติทดสอบ KS จาก Sheskin (2000)

ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ				
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.900	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.785	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.734
5	0.447	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.410	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.358	0.410	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.430	0.480	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.489
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.296	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.390	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
16	0.258	0.295	0.327	0.366	0.392
17	0.250	0.286	0.318	0.355	0.381
18	0.244	0.279	0.309	0.346	0.371
19	0.237	0.271	0.301	0.337	0.361
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
21	0.226	0.259	0.287	0.321	0.344
22	0.221	0.253	0.281	0.314	0.337
23	0.216	0.247	0.275	0.307	0.330
24	0.212	0.242	0.269	0.301	0.323
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
26	0.204	0.233	0.259	0.290	0.311
27	0.200	0.229	0.254	0.284	0.305
28	0.197	0.225	0.250	0.279	0.300

ตารางที่ 33 (ต่อ)

ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ				
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
29	0.193	0.221	0.246	0.275	0.295
30	0.190	0.218	0.242	0.270	0.290
31	0.187	0.214	0.238	0.266	0.285
32	0.184	0.211	0.234	0.262	0.281
33	0.182	0.208	0.231	0.258	0.277
34	0.179	0.205	0.227	0.254	0.273
35	0.177	0.202	0.224	0.251	0.269
36	0.174	0.199	0.221	0.247	0.265
37	0.172	0.196	0.218	0.244	0.262
38	0.170	0.194	0.215	0.241	0.258
39	0.168	0.191	0.213	0.238	0.255
40	0.165	0.189	0.210	0.235	0.252
n>40	$1.07 / \sqrt{n}$	$1.22 / \sqrt{n}$	$1.36 / \sqrt{n}$	$1.52 / \sqrt{n}$	$1.63 / \sqrt{n}$

ตารางที่ 34 แสดงค่าวิกฤติของสถิติทดสอบ A

Significance Level	Significance Point
0.1	1.933
0.05	2.492
0.01	3.857

ตารางที่ 35 ค่าสัมประสิทธิ์ของ a_{n-i+1} สำหรับสถิติทดสอบ W ในขนาดตัวอย่าง 2-50

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		0	0.1677	0.2413	0.2806	0.3031	0.3164	0.3244	0.3291	
3				0	0.0875	0.1401	0.1743	0.1976	0.2141	
4						0	0.0561	0.0947	0.1224	
5								0	0.309	
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	0.3315	0.3325	0.3325	0.3318	0.3306	0.3290	0.3273	0.3253	0.3232	0.3211
3	0.2260	0.2347	0.2412	0.2460	0.2495	0.2521	0.2540	0.2553	0.2561	0.2565
4	0.1429	0.1886	0.1707	0.1802	0.1878	0.1939	0.1988	0.2027	0.2059	0.2085
5	0.0695	0.0922	0.1099	0.1240	0.1353	0.1447	0.1524	0.1587	0.1941	0.1686
6	0	0.0303	0.0539	0.0727	0.0880	0.1005	0.1109	0.1197	0.1271	0.1334
7			0	0.0240	0.0433	0.0593	0.0725	0.0837	0.0932	0.1013
8					0	0.0196	0.0359	0.0496	0.0612	0.0711
9							0	0.0163	0.0303	0.0422
10									0	0.0140
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	0.3185	0.3156	0.3126	0.3098	0.3069	0.3043	0.3018	0.2992	0.2968	0.2944
3	0.2578	0.2571	0.2563	0.2554	0.2543	0.2533	0.2522	0.2510	0.2499	0.2487
4	0.2119	0.2131	0.2139	0.2145	0.2148	0.2151	0.2152	0.2151	0.2150	0.2148
5	0.1736	0.1764	0.1787	0.1807	0.1822	0.1836	0.1848	0.1857	0.1864	0.1870
6	0.1399	0.1443	0.1480	0.1512	0.1539	0.1563	0.1584	0.1601	0.1616	0.1630
7	0.1092	0.1150	0.1201	0.1245	0.1283	0.1316	0.1346	0.1372	0.1395	0.1415
8	0.0804	0.0878	0.0941	0.0997	0.1046	0.1089	0.1128	0.1162	0.1192	0.1219
9	0.0530	0.0618	0.0696	0.0764	0.0823	0.0876	0.0923	0.0965	0.1002	0.1036
10	0.0263	0.0368	0.0459	0.0539	0.0611	0.0672	0.0728	0.0778	0.0822	0.0862
11	0	0.0208	0.0228	0.0321	0.0403	0.0476	0.0540	0.0598	0.0650	0.0697
12			0	0.0107	0.0200	0.0284	0.0358	0.0424	0.0483	0.0537
13					0	0.0094	0.0178	0.0253	0.0320	0.0381

ตารางที่ 35 (ต่อ)

n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
14							0	0.0084	0.0159	0.0227
15									0	0.0076
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	0.2921	0.2898	0.2876	0.2854	0.2834	0.2813	0.2794	0.2774	0.2755	0.2737
3	0.2475	0.2463	0.2451	0.2439	0.2427	0.2415	0.2403	0.2391	0.2380	0.2368
4	0.2145	0.2141	0.2137	0.2132	0.2127	0.2121	0.2116	0.2110	0.2104	0.2098
5	0.1874	0.1878	0.1880	0.1882	0.1883	0.1883	0.1883	0.1881	0.1880	0.1878
6	0.1641	0.1651	0.1660	0.1667	0.1673	0.1678	0.1683	0.1686	0.1689	0.1691
7	0.1433	0.1449	0.1463	0.1475	0.1487	0.1496	0.1505	0.1513	0.1520	0.1526
8	0.1243	0.1265	0.1284	0.1301	0.1317	0.1331	0.1344	0.1356	0.1366	0.1376
9	0.1066	0.1093	0.1118	0.1140	0.1160	0.1179	0.1196	0.1211	0.1225	0.1237
10	0.0899	0.0931	0.0961	0.0988	0.1013	0.1036	0.1056	0.1075	0.1092	0.1108
11	0.0739	0.0777	0.0812	0.0844	0.0873	0.0900	0.0924	0.0947	0.0967	0.0986
12	0.0585	0.0629	0.0669	0.0706	0.0739	0.0770	0.0798	0.0824	0.0848	0.0870
13	0.0435	0.0485	0.0530	0.0572	0.0610	0.0645	0.0677	0.0706	0.0733	0.0759
14	0.0289	0.0344	0.0395	0.0441	0.0484	0.0523	0.0559	0.0592	0.0622	0.0651
15	0.0144	0.0206	0.0262	0.0314	0.0361	0.0404	0.0444	0.0481	0.0515	0.0546
16	0	0.0068	0.0131	0.0187	0.0239	0.0287	0.0331	0.0372	0.0409	0.0444
17			0	0.0062	0.0119	0.0172	0.0220	0.0264	0.0305	0.0343
18					0	0.0057	0.0110	0.0158	0.0203	0.0244
19							0	0.0053	0.0101	0.0146
20									0	0.0049
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	0.2719	0.2701	0.2684	0.2667	0.2651	0.2635	0.2620	0.2604	0.2589	0.2574
3	0.2357	0.2345	0.2334	0.2323	0.2313	0.2302	0.2291	0.2281	0.2271	0.2260
4	0.2091	0.2085	0.2078	0.2072	0.2065	0.2058	0.2052	0.2045	0.2038	0.2032
5	0.1876	0.1874	0.1817	0.1868	0.1865	0.1862	0.1859	0.1855	0.1851	0.1847
6	0.1693	0.1694	0.1695	0.1695	0.1695	0.1695	0.1695	0.1693	0.1692	0.1691

ตารางที่ 35 (ต่อ)

n	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
7	0.1531	0.1535	0.1539	0.1542	0.1545	0.1548	0.1550	0.1551	0.1553	0.1554
8	0.1384	0.1392	0.1398	0.1405	0.1410	0.1415	0.1420	0.1423	0.1427	0.1430
9	0.1249	0.1259	0.1269	0.1278	0.1286	0.1293	0.1300	0.1306	0.1312	0.1317
10	0.1123	0.1136	0.1149	0.1160	0.1170	0.1180	0.1189	0.1197	0.1205	0.1212
11	0.1004	0.1020	0.1035	0.1049	0.1062	0.1073	0.1085	0.1095	0.1105	0.1113
12	0.0891	0.0909	0.0927	0.0943	0.0959	0.0972	0.0986	0.0998	0.1010	0.1020
13	0.0782	0.0804	0.0824	0.0842	0.0860	0.0876	0.0892	0.0906	0.0919	0.0932
14	0.0677	0.0701	0.0724	0.0745	0.0765	0.0783	0.0801	0.0817	0.0832	0.0846
15	0.0575	0.0602	0.0628	0.0651	0.0673	0.0694	0.0713	0.0731	0.0748	0.0764
16	0.0476	0.0506	0.0534	0.0556	0.0584	0.0607	0.0628	0.0648	0.0667	0.0685
17	0.0379	0.0411	0.0442	0.0471	0.0497	0.0522	0.0546	0.0568	0.0588	0.0608
18	0.0283	0.0318	0.0352	0.0383	0.0412	0.0439	0.0465	0.0489	0.0511	0.0532
19	0.0188	0.0227	0.0263	0.0296	0.0328	0.0357	0.0385	0.0411	0.0436	0.0459
20	0.0094	0.0136	0.0175	0.0211	0.0245	0.0277	0.0307	0.0335	0.0361	0.0386
21	0	0.0045	0.0087	0.0126	0.0163	0.0197	0.0229	0.0259	0.0288	0.0314
22			0	0.0042	0.0081	0.0118	0.0153	0.0185	0.0215	0.0244
23					0	0.0039	0.0070	0.0111	0.0143	0.0174
24							0	0.0037	0.0071	0.0104
25									0	0.0035

ตารางที่ 36 ค่าวิกฤติของสถิติทดสอบ W สำหรับขนาดตัวอย่าง 3-50

ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ								
	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	0.687	0.707	0.748	0.792	0.935	0.987	0.992	0.996	0.997
5	0.686	0.715	0.762	0.806	0.927	0.979	0.986	0.991	0.993
6	0.713	0.743	0.788	0.826	0.927	0.974	0.981	0.986	0.989
7	0.730	0.760	0.803	0.838	0.928	0.972	0.979	0.985	0.988
8	0.749	0.778	0.818	0.851	0.932	0.972	0.978	0.984	0.987
9	0.764	0.791	0.829	0.859	0.935	0.972	0.978	0.984	0.986
10	0.781	0.806	0.842	0.869	0.938	0.972	0.978	0.983	0.986
11	0.792	0.817	0.850	0.876	0.940	0.973	0.979	0.984	0.986
12	0.805	0.828	0.859	0.883	0.943	0.973	0.979	0.984	0.986
13	0.814	0.837	0.866	0.889	0.945	0.974	0.979	0.984	0.986
14	0.825	0.846	0.874	0.895	0.947	0.975	0.980	0.984	0.986
15	0.835	0.855	0.881	0.901	0.950	0.975	0.980	0.984	0.987
16	0.844	0.863	0.887	0.906	0.952	0.976	0.981	0.985	0.987
17	0.851	0.869	0.892	0.910	0.954	0.977	0.981	0.985	0.987
18	0.858	0.874	0.897	0.914	0.956	0.978	0.982	0.986	0.988
19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989
23	0.881	0.895	0.914	0.928	0.962	0.981	0.984	0.987	0.989
24	0.884	0.898	0.916	0.930	0.963	0.981	0.984	0.987	0.989
25	0.888	0.901	0.918	0.931	0.964	0.981	0.985	0.988	0.989
26	0.891	0.904	0.920	0.933	0.965	0.982	0.985	0.988	0.989
27	0.894	0.906	0.923	0.935	0.965	0.982	0.985	0.988	0.990

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ขนาดตัวอย่าง	ระดับนัยสำคัญ								
	0.01	0.02	0.05	0.10	0.50	0.90	0.95	0.98	0.99
28	0.896	0.908	0.924	0.936	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
29	0.898	0.910	0.926	0.937	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
30	0.900	0.912	0.927	0.939	0.967	0.983	0.985	0.988	0.990
31	0.902	0.914	0.929	0.940	0.967	0.983	0.986	0.988	0.990
32	0.904	0.915	0.930	0.941	0.968	0.983	0.986	0.988	0.990
33	0.906	0.917	0.931	0.942	0.968	0.983	0.986	0.989	0.990
34	0.908	0.919	0.933	0.943	0.969	0.983	0.986	0.989	0.990
35	0.910	0.920	0.934	0.944	0.969	0.984	0.986	0.989	0.990
36	0.912	0.922	0.935	0.945	0.970	0.984	0.986	0.989	0.990
37	0.914	0.924	0.936	0.946	0.970	0.984	0.987	0.989	0.990
38	0.916	0.925	0.938	0.947	0.971	0.984	0.987	0.989	0.990
39	0.917	0.927	0.939	0.948	0.971	0.984	0.987	0.989	0.991
40	0.919	0.928	0.940	0.949	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
41	0.920	0.929	0.941	0.950	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
42	0.922	0.930	0.942	0.951	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
43	0.923	0.932	0.943	0.951	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
44	0.924	0.933	0.944	0.952	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
45	0.926	0.934	0.945	0.953	0.973	0.985	0.988	0.990	0.991
46	0.927	0.935	0.945	0.953	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
47	0.928	0.936	0.946	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
48	0.929	0.937	0.947	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
49	0.929	0.937	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
50	0.930	0.938	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991

ตางรางที่ 37 ค่า Polynomial Coefficients เพื่อการคำนวณสำหรับการแปลงแบบปกติสำหรับสถิติทดสอบ W

Parameter	Range of n	Polynomial Coefficients						
		0	1	2	3	4	5	6
λ	7-20	0.118898	0.133414	0.327907				
	21-2000	0.483085	0.318828	0	-0.0241665	0.00879701	0.002989646	
$\log_e(\mu_y)$	7-20	-0.37542	-0.492145	-1.124332	-0.199422			
	21-2000	-1.91487	-1.37888	-0.04183209	1.066339	-0.03513666	-0.01504614	
$\log_e(\sigma_y)$	7-20	-3.15805	0.729399	3.01855	1.558776			
	21-2000	-3.73538	-1.015807	-0.331885	0.1773538	-0.01638782	-0.03215018	0.003852646

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวเบญจา ชูโต

ที่อยู่ 335/1 ถ.25 มกรา ต.บ่อพลับ
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2547 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม

พ.ศ. 2549 ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร