

ความน่าเชื่อถือของสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ สำหรับ 1 กลุ่มตัวอย่าง จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Reliability of One Sample Komogorov-Smirnov Test in Statistical Packages SPSS

อุมาพร จันทกร*, กนกวรรณ อัครไพบูลย์, พิมพ์ชนก ตระกาลสุวรรณ์

และศิรินภรณ์ สุขรินทร์

สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Umaporn Chantasorn*, Knokwan Aukkapaiboon, Pimchanok Takansuparat
and Sirinporn Sukarin

Department of Statistics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ หาค่ากำลังการทดสอบจากสถิติทดสอบภาวะสารูปดี 1-sample K-S เพื่อทดสอบการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล การแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่องและการแจกแจงปัวซองที่โปรแกรม SPSS ได้จัดสร้างไว้ และเปรียบเทียบค่ากำลังการทดสอบสำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปกติจากอีกเมนูหนึ่งที่โปรแกรม SPSS ได้สร้างไว้ คือ เมนู Explore (คือสถิติทดสอบ Lilliefors) โดยกำหนดการแจกแจงของประชากรให้มีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล การแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่อง การแจกแจงปัวซอง และการแจกแจงอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงเหล่านั้น ด้วยขนาดตัวอย่างในช่วง 10-100 ทำซ้ำจำนวน 1,000 ครั้ง ด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 ในแต่ละสถานการณ์ โดยพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Cochran และ Bradley และค่ากำลังการทดสอบ ผลการศึกษาพบว่าสถิติทดสอบ 1-sample K-S ไม่มีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ได้เลย ยกเว้นทดสอบการแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่องเท่านั้น และยังมีค่ากำลังการทดสอบค่อนข้างต่ำมาก คือ ส่วนใหญ่มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ส่วนเมนู Explore สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ได้ทั้งหมด และมีค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบ 1-sample K-S

คำสำคัญ : การทดสอบภาวะสารูปดี; สถิติทดสอบลิลลี่ฟอร์ส; ความผิดพลาดชนิดที่ 1; ค่ากำลังการทดสอบ

Abstract

There are two objectives of this study; first to find the power of the test from Goodness of fit test statistic 1-sample K-S incorporated in SPSS program for normal, exponential, continuous uniform and poisson distribution. Second; to compare power of the test from another menu, which is Explore menu (Lilliefors test) incorporated in SPSS for normal distribution. By arbitrarily choosing population distribution form either normal, exponential, continuous uniform, poisson and other distribution alike for the sample size of 10-100 with 1,000 iterations for each situation, the ability to control probability of type I error and power of the test is verified by applying 0.05 and 0.10 significant level. Result of the study showed that 1-sample K-S test could not in any situations control probability of type I error (Cochran or Bradley Criteria) except only test for continuous uniform distribution. In additions; it was found that power of the test is very low - approaching zero in almost situations. As for the Explore menu (Lilliefors test), result of the test in any situation shown ability to control probability of type I error with higher power of the test compared to that from 1-sample K-S test.

Keywords: Goodness of fit test; Lilliefors test; type I error; power of the test

1. บทนำ

ปัญหาที่สำคัญทางสถิติในระดับต้น ๆ คือ รูปแบบของประชากรที่สุ่มตัวอย่างมาเป็นอย่างใด การทราบถึงรูปแบบของประชากรจะเป็นแนวทางในการศึกษารายละเอียดต่อไปของประชากรนั้น การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟสำหรับ 1 กลุ่มตัวอย่าง (1-sample K-S) เป็นการทดสอบภาวะสารูปดี (Goodness of fit test) ที่วัดความแตกต่างระหว่างการแจกแจงของค่าความถี่สะสมของตัวอย่างกับการแจกแจงความถี่สะสมที่คาดหวังในทางทฤษฎี และเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายในหมู่นักวิจัย เพราะถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1933 และมักถูกบรรจุลงในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเกือบทุกโปรแกรม

แม้จะมีผลสรุปจากการศึกษามากมายที่กล่าวว่า 1-sample K-S มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติเมื่อเทียบกับสถิติทดสอบ

แบบอื่น ๆ เช่น Anderson-Darling, Shapiro-Wilk, Lilliefors และ Cramer-von Mises ตัวอย่าง เช่น การศึกษาของ D' Agostino และ Stephens [1] Steinskog [2] และ Keskin [3] หรือเมื่อนำไปทดสอบการแจกแจงแบบอื่น ๆ อาทิ การแจกแจงแบบลอกลอจิสติก หรือการแจกแจงแบบไวบูลล์ ก็พบว่าสถิติ 1-sample K-S นี้ก็มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดในบรรดาสถิติทดสอบอื่น ๆ เช่น Anderson-Darling, Kuiper, Ratio of Maximum Likelihoods ซึ่งได้ผลจากการศึกษาของศรีอัมพรและวินัย [4]

การตั้งสมมติฐานหลักของสถิติทดสอบ 1-sample K-S ตามทฤษฎีจำเป็นต้องระบุพารามิเตอร์ให้ครบถ้วน (เช่น $H_0 : X$ มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 100 ความแปรปรวน 25) ในกรณีอื่นนอกจากนี้ไม่แนะนำให้ใช้สถิติทดสอบนี้เด็ดขาด ซึ่งกล่าวอ้างโดย Sprent [5] และ Stephens [6] รวมทั้งมีงานวิจัยที่ทำการเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของ

สถิติทดสอบต่าง ๆ ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติในกรณีที่ไม่มีการระบุค่าพารามิเตอร์ ก็ได้ผลสรุปว่า สถิติทดสอบ 1-sample K-S มีกำลังการทดสอบต่ำกว่าสถิติอื่น ๆ เช่น งานของ Stephens [7] และ Henderson [8]

ปัจจุบันนิยมใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติแทนการคำนวณด้วยมือ และโปรแกรมที่เป็นที่รู้จักและแพร่หลายในประเทศไทยคือ โปรแกรม SPSS ซึ่งได้บรรจุสถิติทดสอบ 1-sample K-S ไว้สำหรับการทดสอบภาวะสารูปติ โดยใช้เมนู Analyze > Nonparametric test > 1-sample K-S ซึ่งคือสถิติทดสอบ one-sample Kolmogorov-Smirnov และมีเมนูให้เลือกสำหรับการแจกแจงแบบต่อเนื่อง 3 การแจกแจง คือ การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล และการแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่อง รวมทั้งการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง คือ การแจกแจงแบบปัวซอง ซึ่งตามทฤษฎีควรจะใช้การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square goodness of fit test) เนื่องจากจะใช้ความถี่จากกลุ่มย่อยต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ โดยเปรียบเทียบกับความถี่คาดหวังตามสมมติฐานหลัก

สำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปกติใน SPSS มีข้อสับสน คือ มีเมนูให้เลือก 2 เมนู คือ เมนู Analyze > Descriptive statistics > Explore > Plots > Normality plots with tests ซึ่งแท้ที่จริงคือการใช้สถิติทดสอบ Lilliefors (แต่ใช้ชื่อ K-S) และเมนู Analyze > Nonparametric test > 1-sample K-S ซึ่งใช้สถิติโคลโมโกรอฟ-สเมอรโนฟ ดังนั้นนักวิจัยทั่วไปที่มีความรู้ทางด้านสถิติไม่เพียงพอ จึงไม่สามารถเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง และในโปรแกรม SPSS เมนู 1-sample K-S ผู้ใช้ไม่ต้องระบุค่าพารามิเตอร์ แต่ผลการวิเคราะห์จะหมายเหตุดูว่าใช้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของตัวอย่างเป็นค่าประมาณแทน ซึ่งในเมนู

Help ก็กล่าวไว้ว่าถ้าใช้วิธีการเช่นนี้ การแจกแจงของสถิติทดสอบ 1-sample K-S จะเปลี่ยนไป แนะนำให้ผู้ที่ใช้เปลี่ยนไปใช้เมนู Explore แทน (แท้ที่จริงคือสถิติทดสอบ Lilliefors ซึ่งไม่จำเป็นต้องระบุค่าพารามิเตอร์ μ, σ^2) โดยมีผลงานวิจัยของ Umaporn [9] พบว่าแม้จะใช้เมนู Explore ก็พบว่ากำลังการทดสอบของ Lilliefors ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับสถิติทดสอบ Anderson-Darling และ Shapiro-Wilk

จึงมีข้อสงสัยว่าโปรแกรม SPSS ได้สร้าง Algorithm ไว้เช่นใด ผลสรุปจากการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล การแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่อง และการแจกแจงปัวซองจากเมนู 1-sample K-S จะมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจะหาผลสรุปให้นักวิจัยที่ต้องการทดสอบภาวะสารูปติของการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล การแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่อง และการแจกแจงแบบปัวซองเมื่อใช้โปรแกรม SPSS ว่านักวิจัยจะสามารถเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPSS ได้มากน้อยเพียงใด

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของโปรแกรมสำเร็จรูปต่าง ๆ พบว่ายังมีข้อผิดพลาด หรือทำให้เข้าใจผิด (Misleading) ในหลายประเด็น เช่น การศึกษาของกมล [10,11] เกี่ยวกับค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่ไม่ถูกต้องจากโปรแกรม SPSS และการรายงานค่า p-value ที่คลาดเคลื่อนจากการทดสอบไคสแควร์จากตารางสองทาง หรือของ Bergmann, Ludbrook และ Spooran [12] เกี่ยวกับการปรับค่าซ้ำ (Correction for ties) ของสถิติทดสอบ Wilcoxon-Mann-Whitney หรือการศึกษาของ Leo knüsel [13] ที่พบว่าค่าความน่าจะเป็น (Probability) จากการแจกแจงแบบต่าง ๆ ที่คำนวณจาก Microsoft Excel 97 และ 2003 ยังไม่

ถูกต้องในหลายกรณี และการศึกษาของ McCullough และ Wilson [14] พบว่าการใช้เทคนิคสถิติ 3 สถิติ คือ การวิเคราะห์การถดถอย (ทั้งกรณีเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น) การผลิตเลขสุ่ม และการแจกแจงแบบต่าง ๆ ยังไม่ถูกต้อง จากการใช้ Microsoft Excel 97 และ 2003 แนะนำว่าผู้ต้องการวิเคราะห์สถิติเหล่านี้ไม่ควรใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Excel และกรณีสุดท้ายเป็นการศึกษาของกุกยา [15] ที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจำลองแบบข้อมูลด้วยโปรแกรม SAS และ MINITAB ที่พบว่าสำหรับตัวอย่างเล็กทั้ง 2 โปรแกรมให้ผลไม่ต่างกัน แต่สำหรับตัวอย่างขนาดใหญ่ แนะนำให้ใช้โปรแกรม SAS มากกว่า

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ของสถิติทดสอบ 1-sample K-S เพื่อทดสอบการแจกแจง 4 แบบ ที่โปรแกรม SPSS จัดสร้างไว้

2.2 ศึกษาถึงกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ 1-sample K-S เพื่อทดสอบการแจกแจง 4 แบบ ที่โปรแกรม SPSS จัดสร้างไว้

2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติจาก 2 เมนู คือ 1-sample K-S กับ Explore (สถิติทดสอบ Lilliefors) ว่าทั้งสองให้กำลังการทดสอบเท่ากันหรือไม่ หรือควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ได้มากน้อยเพียงใด

3. การดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 สร้างการแจกแจงของประชากรให้มีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล การแจกแจงแบบสม่ำเสมอต่อเนื่อง การแจกแจงแบบ

ปัวซอง และการแจกแจงแบบอื่น ๆ ที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับการแจกแจงทั้ง 4 เหล่านี้ ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม MINITAB version 16.0 ด้วยเมนู Calc > Random Data

3.1.1 กำหนดขนาดตัวอย่างให้มีค่า 10, 20, 30, 50, 100

3.1.2 จำนวนทำซ้ำ = 1,000 รอบ ในแต่ละสถานการณ์

3.1.3 คำนวณค่าสถิติทดสอบ พร้อมทั้งค่าพี (p-value) โดยนำข้อมูลในข้อ 3.1 ไปวิเคราะห์ด้วยเมนูในโปรแกรม SPSS คือเมนู 1-sample K-S ยกเว้นการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ จะวิเคราะห์ด้วย 2 เมนู คือ เมนู Explore และ 1-sample K-S

3.2 คำนวณค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 เชิงประจักษ์ (Empirical α) โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0 : ตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงแบบ...) เมื่อกำหนด $\alpha = 0.05$ หรือ 0.10 คือ นับว่ามีจำนวนกี่ครั้งที่ได้ค่าพิน้อยกว่า 0.05 หรือ 0.10 และนำมาหารด้วยค่า 1,000 และนำค่าที่ได้ไปเทียบกับเกณฑ์ของ Cochran [16] และ Bradley [17] ว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ได้หรือไม่

เมื่อเกณฑ์ของ Cochran เป็นดังนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ถ้าค่าที่ได้อยู่ในช่วง $(0.08-0.12)$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าค่าที่ได้อยู่ในช่วง $(0.04-0.06)$

ส่วนเกณฑ์ของ Bradley เป็นดังนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ถ้าค่าที่ได้อยู่ในช่วง $(0.05-0.15)$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าค่าที่ได้อยู่ในช่วง $(0.025-0.075)$

3.3 คำนวณค่ากำลังการทดสอบเชิงประจักษ์ (Empirical power of the test) เมื่อใช้ข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบอื่น ๆ ที่ไม่ใช้การแจกแจงทั้ง 4 แบบ ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ 1-sample K-S (และ Explore ในกรณีการแจกแจงแบบปกติ)

เป็นจำนวน 1,000 ชุดตัวอย่าง ในแต่ละสถานการณ์
หาค่ากำลังการทดสอบโดยการนับจำนวนครั้งของการ
ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0 : ตัวแปรสุ่มมีการแจกแจง
แบบ...) เมื่อกำหนด $\alpha = 0.05$ หรือ 0.10 คือนับว่ามี
จำนวนกี่ครั้งที่ได้ค่าพินัยกว่า 0.05 หรือ 0.10 และ
นำมาหารด้วยค่า 1,000

4. ผลการวิจัย

สามารถสรุปผลได้รายละเอียด เมื่อแยกเป็น
กรณีต่าง ๆ ดังนี้

4.1 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบปกติ

ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิด
ที่ 1 เชิงประจักษ์และกำลังการทดสอบเชิงประจักษ์ที่
คำนวณได้จากโปรแกรม SPSS แสดงในตารางที่ 4.1
และ 4.2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาด
ชนิดที่ 1 เชิงประจักษ์ กรณีทดสอบการ
แจกแจงแบบปกติจากสถิติทดสอบต่างๆ
ของโปรแกรม SPSS

การแจกแจง	ขนาด ตัวอย่าง	1-sample K-S		Lilliefors	
		0.05	0.10	0.05	0.10
Normal (100,10)	10	0.000	0.000	0.052 ^{*C}	0.117 ^{*C}
	20	0.000	0.000	0.043 ^{*C}	0.088 ^{*C}
	30	0.000	0.001	0.041 ^{*C}	0.088 ^{*C}
	50	0.000	0.001	0.049 ^{*C}	0.097 ^{*C}
	100	0.000	0.001	0.055 ^{*C}	0.109 ^{*C}
Normal (100,50)	10	0.000	0.000	0.049 ^{*C}	0.094 ^{*C}
	20	0.000	0.000	0.043 ^{*C}	0.089 ^{*C}
	30	0.000	0.000	0.051 ^{*C}	0.095 ^{*C}
	50	0.000	0.000	0.041 ^{*C}	0.081 ^{*C}
	100	0.000	0.002	0.071 ^{*C}	0.116 ^{*C}
Normal (100,100)	10	0.000	0.000	0.051 ^{*C}	0.103 ^{*C}
	20	0.000	0.001	0.048 ^{*C}	0.088 ^{*C}
	30	0.000	0.001	0.042 ^{*C}	0.096 ^{*C}
	50	0.000	0.000	0.051 ^{*C}	0.101 ^{*C}
	100	0.000	0.003	0.048 ^{*C}	0.096 ^{*C}

*C มีค่าในช่วงตามเกณฑ์ของ Cochran

*B มีค่าในช่วงตามเกณฑ์ของ Bradley

ตารางที่ 4.2 ค่ากำลังการทดสอบเชิงประจักษ์ กรณี

ทดสอบการแจกแจงแบบปกติจากสถิติ
ทดสอบต่าง ๆ ของโปรแกรม SPSS

การแจกแจง	ขนาด	1-sample K-S		Lilliefors	
	ตัวอย่าง	0.05	0.10	0.05	0.10
การแจกแจงสมมาตรที่มีหางยาวกว่าปกติ (Long tailed distribution)					
t (1)	10	0.113	0.202	0.576	0.651
	20	0.468	0.559	0.840	0.884
	30	0.724	0.789	0.948	0.967
	50	0.909	0.939	0.991	0.996
	100	1.000	1.000	1.000	1.000
t (5)	10	0.000	0.001	0.095	0.158
	20	0.001	0.008	0.127	0.196
	30	0.008	0.014	0.156	0.245
	50	0.011	0.025	0.211	0.316
	100	0.027	0.058	0.331	0.461
การแจกแจงสมมาตรแต่โด่งกว่าปกติมาก (Distribution with high kurtosis)					
Cauchy (0,0.2)	10	0.144	0.232	0.587	0.667
	20	0.496	0.594	0.831	0.879
	30	0.726	0.806	0.949	0.972
	50	0.921	0.956	0.993	0.997
	100	0.998	0.999	1.000	1.000
Cauchy (0,0.5)	10	0.129	0.209	0.583	0.648
	20	0.488	0.573	0.842	0.892
	30	0.702	0.777	0.937	0.960
	50	0.930	0.954	0.994	0.996
	100	1.000	1.000	1.000	1.000
Laplace (0,0.5)	10	0.000	0.000	0.131	0.216
	20	0.003	0.009	0.228	0.335
	30	0.002	0.025	0.309	0.423
	50	0.015	0.058	0.423	0.522
	100	0.073	0.195	0.716	0.826
การแจกแจงสมมาตรแต่โด่งกว่าปกติเล็กน้อย					
Logistic (0,0.5)	10	0.000	0.001	0.088	0.138
	20	0.001	0.002	0.100	0.158
	30	0.001	0.003	0.103	0.165
	50	0.000	0.002	0.115	0.199
	100	0.002	0.009	0.168	0.265
Logistic (0,0.6)	10	0.000	0.000	0.065	0.122
	20	0.000	0.001	0.075	0.147
	30	0.002	0.006	0.090	0.153
	50	0.001	0.005	0.101	0.182
	100	0.001	0.008	0.147	0.245
การแจกแจงสมมาตรที่มีหางสั้น (Short tailed distribution)					
Uniform (0,1)	10	0.000	0.001	0.064	0.124
	20	0.000	0.000	0.099	0.180
	30	0.000	0.003	0.155	0.266
	50	0.001	0.006	0.256	0.414
	100	0.005	0.053	0.577	0.745
Uniform (-1,1)	10	0.000	0.000	0.054	0.106
	20	0.000	0.001	0.087	0.179
	30	0.000	0.002	0.140	0.243
	50	0.001	0.006	0.258	0.418
	100	0.006	0.042	0.589	0.765

จากตารางที่ 4.1 พบว่าในทุกกรณีของการแจกแจงแบบปกติ เมื่อใช้สถิติทดสอบ 1-sample K-S คำนวณได้ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ทั้งหมดอยู่นอกขอบเขตที่สามารถควบคุมได้ตามเกณฑ์ของ Cochran และ Bradley แม้ว่าจะกำหนดขนาดตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้นจาก 10 เป็น 100 หรือกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้นจาก 0.05 เป็น 0.10 แล้วก็ตาม

ส่วนการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Lilliefors จะพบว่าคำนวณได้ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ทั้งหมดอยู่ในขอบเขตที่สามารถควบคุมได้ตามเกณฑ์ของ Cochran และ Bradley ในทุกกรณีที่ศึกษาเมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่าง ๆ กัน ในช่วง 10-100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อใช้สถิติทดสอบ Lilliefors ทดสอบการแจกแจงแบบปกติจากการแจกแจงอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงจะพบว่าค่ากำลังการทดสอบสูงขึ้น เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นและกำหนดให้ระดับนัยสำคัญสูงขึ้นจาก 0.05 เป็น 0.10 ในทุกกรณีที่ศึกษา

ส่วนการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ 1-sample K-S ส่วนใหญ่จะได้ค่ากำลังการทดสอบที่มีค่าต่ำ โดยมีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างและเพิ่มระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบ Lilliefors พบว่าสถิติ Lilliefors ให้ค่ากำลังการทดสอบที่สูงกว่ามากในทุกกรณี

4.2 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 เชิงประจักษ์และค่ากำลังการทดสอบเชิงประจักษ์ที่คำนวณได้จากโปรแกรม SPSS ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 เชิงประจักษ์ กรณีทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลจากสถิติทดสอบ 1-sample K-S ของโปรแกรม SPSS

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	α	
		0.05	0.10
Exponential (1)	10	0.002	0.014
	20	0.006	0.011
	30	0.004	0.020
	50	0.003	0.011
	100	0.003	0.013
Exponential (3)	10	0.001	0.005
	20	0.004	0.014
	30	0.002	0.016
	50	0.000	0.011
	100	0.005	0.020
Exponential (10)	10	0.004	0.012
	20	0.002	0.008
	30	0.004	0.016
	50	0.001	0.007
	100	0.007	0.021

จากตารางที่ 4.3 พบว่าในทุกกรณีของการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล เมื่อใช้สถิติทดสอบ 1-sample K-S ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ทั้งหมดอยู่นอกขอบเขตที่สามารถควบคุมได้ตามเกณฑ์ของ Cochran และ Bradley แม้ว่าจะกำหนดขนาดตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้นจาก 10 เป็น 100 หรือกำหนดระดับนัยสำคัญให้ใหญ่ขึ้นจาก 0.05 เป็น 0.10 แล้วก็ตาม

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเมื่อใช้สถิติทดสอบ 1-sample K-S ทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลจากการแจกแจงอื่นที่ใกล้เคียงจะพบว่าค่ากำลังการทดสอบสูงขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้น และกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้นจาก 0.05 เป็น 0.10 เมื่อใช้การทดสอบกับการแจกแจงแบบไวบูลส์จะพบว่าเมื่อขนาดตัวอย่าง $n = 50, 100$ เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ $= 0.10$ ค่ากำลังการทดสอบจะสูงมาก มีค่า

เข้าใกล้ 1 แต่ที่ขนาดตัวอย่างในช่วง 10-30 ค่ากำลังการทดสอบยังไม่สูงมากนัก แต่เมื่อใช้ทดสอบกับการแจกแจงแบบเกมมาจะพบว่ากำลังการทดสอบไม่สูงมากพอ คือ ไม่ถึง 50 % แม้ว่าจะกำหนดขนาดตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้นจาก 10 เป็น 100 หรือกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้นจาก 0.05 เป็น 0.10 ก็ตาม

ตารางที่ 4.4 ค่ากำลังการทดสอบเชิงประจักษ์ กรณีทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลจากสถิติทดสอบ 1-sample K-S ของโปรแกรม SPSS

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	α	
		0.05	0.10
Gamma (1.5,0.7)	10	0.005	0.020
	20	0.022	0.066
	30	0.037	0.107
	50	0.086	0.179
	100	0.279	0.450
Gamma (1.5,0.9)	10	0.003	0.014
	20	0.011	0.052
	30	0.024	0.084
	50	0.081	0.181
	100	0.294	0.468
Gamma (1.5,1.1)	10	0.008	0.020
	20	0.020	0.055
	30	0.030	0.081
	50	0.093	0.172
	100	0.294	0.471
Weibull (1.5,0.7)	10	0.011	0.044
	20	0.061	0.164
	30	0.142	0.297
	50	0.414	0.618
	100	0.868	0.956
Weibull (1.5,0.9)	10	0.010	0.040
	20	0.076	0.169
	30	0.182	0.332
	50	0.417	0.620
	100	0.875	0.951
Weibull (1.5,1.1)	10	0.018	0.040
	20	0.066	0.187
	30	0.162	0.311
	50	0.999	0.999
	100	0.872	0.952

4.3 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่อง

ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 เชิงประจักษ์และกำลังการทดสอบเชิงประจักษ์ที่คำนวณได้แสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 เชิงประจักษ์ กรณีทดสอบการแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่องจากสถิติทดสอบ 1-sample K-S ของโปรแกรม SPSS

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	α	
		0.05	0.10
Uniform (0,5)	10	0.037 ^{*B}	0.068 ^{*B}
	20	0.043 ^{*C *B}	0.076 ^{*B}
	30	0.046 ^{*C *B}	0.082 ^{*C *B}
	50	0.037 ^{*B}	0.082 ^{*C *B}
	100	0.049 ^{*C *B}	0.102 ^{*C *B}
Uniform (0,10)	10	0.044 ^{*C *B}	0.065 ^{*B}
	20	0.036 ^{*B}	0.078 ^{*B}
	30	0.042 ^{*C *B}	0.078 ^{*B}
	50	0.034 ^{*B}	0.071 ^{*B}
	100	0.038 ^{*B}	0.088 ^{*C *B}
Uniform (0,22)	10	0.028 ^{*B}	0.063 ^{*B}
	20	0.047 ^{*C *B}	0.084 ^{*C *B}
	30	0.045 ^{*C *B}	0.091 ^{*C *B}
	50	0.043 ^{*C *B}	0.086 ^{*C *B}
	100	0.046 ^{*C *B}	0.093 ^{*C *B}

*C มีค่าในช่วงตามวิธีของ Cochran

*B มีค่าในช่วงตามวิธีของ Bradley

จากตารางที่ 4.5 พบว่าในทุกกรณีของการแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่อง เมื่อใช้สถิติทดสอบ 1-sample K-S จะพบว่าการปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักเป็นจริงด้วยค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ทั้งหมดอยู่ในขอบเขตที่สามารถควบคุมได้ตามเกณฑ์ของ Cochran และ Bradley เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างต่าง ๆ กันในช่วง 10-100 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10

ตารางที่ 4.6 ค่ากำลังการทดสอบเชิงประจักษ์ กรณีทดสอบการแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่องจากสถิติทดสอบ 1-sample K-S ของโปรแกรม SPSS

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	α	
		0.05	0.10
Beta (1,0.90)	10	0.038	0.075
	20	0.047	0.091
	30	0.061	0.106
	50	0.085	0.145
	100	0.115	0.190
Beta (1,0.95)	10	0.027	0.065
	20	0.039	0.094
	30	0.046	0.083
	50	0.048	0.099
	100	0.057	0.118
Beta (1,0.99)	10	0.028	0.060
	20	0.027	0.062
	30	0.048	0.087
	50	0.038	0.085
	100	0.034	0.089

จากตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อใช้สถิติทดสอบ 1-sample K-S ทดสอบการแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่องจากการแจกแจงอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงจะพบว่ามีความกำลังการทดสอบสูงขึ้น เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นและกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้นจาก 0.05 เป็น 0.10 แต่ค่ากำลังการทดสอบที่ได้ยังมีค่าต่ำอยู่มาก แม้ว่าจะกำหนดขนาดตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้นจาก 10 เป็น 100 หรือกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้นจาก 0.05 เป็น 0.10 แล้วก็ตาม กล่าวคือ ได้ค่ากำลังการทดสอบสูงสุด คือ 0.190 หรือ 19 % เท่านั้น

4.4 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบปัวซอง

ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1เชิงประจักษ์ และกำลังการทดสอบเชิงประจักษ์ ที่คำนวณได้จากโปรแกรม SPSS แสดงในตารางที่ 4.7 และ 4.8 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาด

ชนิดที่ 1เชิงประจักษ์ กรณีทดสอบการแจกแจงแบบปัวซองด้วยสถิติทดสอบ 1-sample K-S จากโปรแกรม SPSS

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	α	
		0.05	0.10
Poisson (0.5)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0
	100	0	0
Poisson (1.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0
	100	0	0
Poisson (2.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0.001
	100	0	0
Poisson (3.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0
	100	0	0
Poisson (4.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0
	100	0	0
Poisson (5.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0
	100	0	0.001
Poisson (6.0)	20	0	0
	30	0	0.001
	50	0	0
	100	0	0
Poisson (7.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0
	100	0	0
Poisson (8.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0.001
	100	0	0
Poisson (9.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0
	100	0	0
Poisson (10.0)	20	0	0
	30	0	0.001
	50	0	0
	100	0	0
Poisson (11.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0
	100	0	0
Poisson (12.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0
	100	0	0
Poisson (13.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0.001
	100	0	0
Poisson (14.0)	20	0	0
	30	0	0
	50	0	0
	100	0	0.001
Poisson (15.0)	20	0	0
	30	0	0.001
	50	0	0.001
	100	0	0

จากตารางที่ 4.7 จะพบว่าในทุกกรณีของการแจกแจงแบบปัวซอง เมื่อใช้สถิติทดสอบ 1-sample K-S จากโปรแกรม SPSS ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ที่คำนวณได้ จะอยู่นอกเขตที่ควบคุมได้ตามเกณฑ์ของ Cochran และ Bradley ทั้งที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และ 0.10

ตารางที่ 4.8 ค่ากำลังการทดสอบเชิงประจักษ์ กรณีทดสอบการแจกแจงแบบปัวซองจากสถิติทดสอบ 1-sample K-S ของโปรแกรม SPSS

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่าง	α	
		0.05	0.10
Binomial (n,0.01)	30	0	0
	50	0	0
	70	0	0
	100	0.001	0.001
Binomial (n,0.05)	30	0	0
	50	0	0
	70	0	0
	100	0	0
Binomial (n,0.10)	30	0	0
	50	0	0
	70	0	0
	100	0.001	0.002
Binomial (n,0.15)	30	0	0
	50	0	0
	70	0	0
	100	0.001	0.003

จากตารางที่ 4.8 พบว่าการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ 1-sample K-S จะพบว่ามีการทดสอบต่ำ เนื่องจากค่ากำลังการทดสอบมีค่าเป็น 0 หรือเข้าใกล้ 0 ในทุกกรณี แม้ว่าจะกำหนดขนาดตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้นจาก 30 เป็น 100 หรือกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้นจาก 0.05 เป็น 0.10 แล้วก็ตาม

5. สรุปผล

สามารถสรุปในภาพรวมได้ว่าสถิติทดสอบ 1-sample K-S มีประสิทธิภาพต่ำในการทดสอบการแจกแจงทั้ง 4 แบบ ที่โปรแกรม SPSS ได้จัดสร้างไว้ โดยมีรายละเอียดที่สำคัญของการวิจัยดังนี้

5.1 ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ของสถิติทดสอบ 1-sample K-S จากโปรแกรม SPSS ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.10 โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดชนิดที่ 1 ของ Cochran หรือ Bradley

5.1.1 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบปกติ

5.1.1.1 สถิติทดสอบ 1-sample K-S ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ได้เลย เนื่องจากค่าที่ได้ทั้งหมดอยู่นอกขอบเขตที่ควบคุมได้ตามเกณฑ์ของ Cochran หรือ Bradley โดยมีค่าเป็น 0 หรือเข้าใกล้ 0 เกือบทั้งหมด

5.1.1.2 สถิติทดสอบ Lilliefors สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ได้ทั้งหมด เนื่องจากค่าที่ได้ทั้งหมดอยู่ในขอบเขตที่ควบคุมได้ตามเกณฑ์ของ Cochran หรือ Bradley และส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดคือ 0.05 หรือ 0.10

5.1.2 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

สถิติทดสอบ 1-sample K-S ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ได้เลย เนื่องจากค่าที่ได้ทั้งหมดอยู่นอกขอบเขตที่ควบคุมได้ตามเกณฑ์ของ Cochran หรือ Bradley โดยมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดคือ 0.05 หรือ 0.10

5.1.3 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบสม่ำเสมอต่อเนื่อง

สถิติทดสอบ 1-sample K-S สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ได้ทั้งหมด เนื่องจากค่าที่ได้ทั้งหมดอยู่ในขอบเขตที่ควบคุมได้ตามเกณฑ์ของ Cochran หรือ Bradley โดยส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดคือ 0.05 หรือ 0.10

5.1.4 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบปัวซอง สถิติทดสอบ 1-sample K-S ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดชนิดที่ 1 ได้เลยในทุกกรณีของการศึกษา โดยค่าที่ได้ส่วนใหญ่อยู่นอกเขตที่ควบคุมได้ตามเกณฑ์ของ Cochran และ Bradley เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 หรือ 0.10 โดยส่วนใหญ่มีค่าเป็น 0

5.2 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทั้ง 2 แบบ ที่ใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ และหาค่ากำลังการทดสอบของสถิติ 1-sample K-S สำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซีโปเนนเชียลการแจกแจงแบบสม่ำเสมอต่อเนื่อง และการแจกแจงแบบปัวซอง

5.2.1 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบปกติ

5.2.1.1 สถิติทดสอบ 1-sample K-S จะมีค่ากำลังการทดสอบค่อนข้างต่ำ โดยส่วนใหญ่มีค่าเป็น 0 หรือเข้าใกล้ 0 แม้จะใช้ขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นถึง 100 แล้วก็ตาม ส่วนค่าอื่น ๆ ที่ต่างจาก 0 ก็พบว่ามีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากสถิติ Lilliefors

5.2.1.2 สถิติทดสอบ Lilliefors จะมีค่ากำลังการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบ 1-sample K-S จากทุกการแจกแจงที่ศึกษาและมีค่าสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้น และเมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้น

สรุปได้ว่าสถิติทดสอบ Lilliefors มีความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดชนิดที่ 1 และมีกำลังการทดสอบที่สูงกว่าสถิติทดสอบ 1-sample K-S ดังนั้นแนะนำให้นักวิจัยทั่ว ๆ ไปที่

ต้องการทดสอบการแจกแจงแบบปกติควรใช้เมนู Explore (ซึ่งคือสถิติทดสอบ Lilliefors) จากโปรแกรม SPSS มากกว่าที่จะใช้เมนู 1-sample K-S

5.2.2 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซีโปเนนเชียล

ค่ากำลังการทดสอบจากการใช้สถิติทดสอบ 1-sample K-S จากการทดสอบการแจกแจงแบบแกมมา จะพบว่ามีการทดสอบค่อนข้างต่ำ แม้ว่าจะเพิ่มขนาดตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้น และกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้นแล้วก็ตาม คือ มีค่ากำลังการทดสอบไม่ถึง 50 % ส่วนการแจกแจงแบบไวบูลล์จะพบว่าควรใช้ขนาดตัวอย่างใหญ่มากถึง 100 และกำหนดระดับสำคัญ 0.10 จึงจะได้ค่ากำลังการทดสอบที่สูงเข้าใกล้ 100 %

สรุปได้ว่าสถิติทดสอบ 1-sample K-S จะใช้ได้ดีก็ต่อเมื่อผู้ใช้ต้องกำหนดขนาดตัวอย่างให้ใหญ่มาก ๆ ถึง 100 และกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้นเป็น 0.10 จึงจะได้ค่ากำลังการทดสอบที่สูง แต่ไม่มีความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดชนิดที่ 1

5.2.3 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบสม่ำเสมอต่อเนื่อง

สถิติทดสอบ 1-sample K-S จะมีค่ากำลังการทดสอบต่ำมาก แม้จะเพิ่มขนาดตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้น และกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้นจาก 0.05 เป็น 0.10 แล้วก็ตาม

5.2.4 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบปัวซอง สถิติทดสอบ 1-sample K-S มีกำลังการทดสอบต่ำ เนื่องจากค่ากำลังของการทดสอบมีค่าเป็น 0 หรือเข้าใกล้ 0 ในทุกกรณี แม้จะกำหนดขนาดตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้นจาก 30 เป็น 100 หรือกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้นจาก 0.05 เป็น 0.10 แล้วก็ตาม

6. การอภิปรายผล

6.1 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบปกติ

ผลการศึกษาค้นคว้านี้ได้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ D' Agostino [1] และ Stephens [6] ว่าสถิติทดสอบ 1-sample K-S มีประสิทธิภาพต่ำ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Steinskog [2] ว่าควรระมัดระวังในการสถิติทดสอบ 1-sample K-S ในกรณีทดสอบการแจกแจงแบบปกติ

6.2 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

ไม่แนะนำผู้ที่ใช้เมนูนี้ทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล เนื่องจากตามทฤษฎีการใช้สถิติทดสอบ 1-sample K-S ในสมมติฐานเบื้องต้นจำเป็นต้องระบุค่าพารามิเตอร์ของประชากร [18]

6.3 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่อง

ผลการศึกษาค้นคว้านี้ได้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของศรีอัมพรและวินัย [4] ว่าสถิติทดสอบ 1-sample K-S มีประสิทธิภาพต่ำกว่าสถิติทดสอบแบบอื่น ๆ เช่น สถิติของ Anderson Darling, Kuiper, Ratio of Maximum Likelihoods

6.4 กรณีทดสอบการแจกแจงแบบปัวซอง

การศึกษาค้นคว้านี้ได้ผลสอดคล้องกับตำราทางสถิติของ Sprent และ Smeeton [19] Kvam [20] และ Conover [21] ที่กล่าวว่าตามทฤษฎีสถิติทดสอบ 1-sample K-S เหมาะที่จะใช้ทดสอบการแจกแจงแบบต่อเนื่องเท่านั้น แต่โปรแกรม SPSS ได้สร้างเมนูด้วยสถิติทดสอบ 1-sample K-S เพื่อทดสอบการแจกแจงแบบปัวซอง ซึ่งเป็นการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง จึงไม่สอดคล้องกับทฤษฎีทางสถิติ สถิติทดสอบนี้จึงไม่ควรจะนำไปใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปัวซอง

7. ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้ผลสรุปครอบคลุมกว้างขวางขึ้นควรมีการทดสอบกับโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติอื่น ๆ อีก เช่น SAS, MINITAB หรืออื่น ๆ ว่าได้สร้างเมนูด้วยสถิติทดสอบใด เพื่อใช้ทดสอบการแจกแจงทั้ง 4 แบบ เหล่านี้ โดยศึกษาถึงกำลังการทดสอบว่าได้ค่ามากกว่าจากโปรแกรม SPSS ที่ศึกษาในครั้งนี้มากนักน้อยเพียงใด เพื่อเป็นข้อสรุปในการเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบการแจกแจงทั้ง 4 แบบ นี้ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด และทำให้ผู้ใช้นั้นเฝ้าผลการทดสอบได้จากการแจกแจงที่ถูกต้อง รวมทั้งศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลที่แตกต่างกันจากการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล และการแจกแจงแบบสมมาตรต่อเนื่อง การแจกแจงแบบปัวซอง อย่างมาก เช่น มีความเบ้เล็กน้อย เบ้มาก หรือมีค่าฐานนิยม 2 ค่า

และควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับรายละเอียดของสถิติทดสอบ Lilliefors ว่าค่าพีที่ได้จากโปรแกรม SPSS มาจากตารางค่าวิกฤตที่สร้างไว้เฉพาะในแต่กรณี (เช่น ทราบค่าเฉลี่ยแต่ไม่ทราบค่าความแปรปรวน หรือกรณีอื่น ๆ)

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] D' Agostino, R.B. and Stephens, D.A., 1986, Goodness of fit techniques, Marcel Dekker p. 576.
- [2] Steinskog, D.J., Tjøstheim and Kvamstø, 2007, A cautionary note on the use of the Kolmogorov-Smirnov test for normality, American Meteorological Society, pp. 1151-1157.
- [3] Keskin, S., 2006, Comparison of several univariate normality tests regarding type I error rate and power of the test in

- simulation based small samples, J. Appl. Sci. Res. 2: 296-300.
- [4] ศรีอัมพร เร่บ้านเกาะ และวินัย โพธิ์สุวรรณ, 2550, การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบภาวะสารูปติของสถิติบางตัวสำหรับการแจกแจงลอกลอนอร์มัลและไวบูลล์, การประชุมวิชาการสถิติและสถิติประยุกต์, น. 257-265.
- [5] Sprent, P., 1993, Applied Nonparametric Statistical Methods, 2nd Ed., Chapman & Hall, London.
- [6] Stephens, M.A., 1986, Chapter 4: Test Based on EDF Statistics, In D' Agostino M.A. and Stephens, M.A. (Eds.), Goodness-of-Fit Techniques, Marcel Dekker, Inc., New York.
- [7] Stephens, M.A., 1974, EDF statistics for goodness of fit and some comparisons, J. Am. Stat. Assoc. 69: 730-737.
- [8] Henderson, A.R., 2006, Testing experimental data for univariate normality, Clinica Chimica Acta 366: 112-129.
- [9] Chantasorn, U., 2011, Efficiency comparison of normality test using statistical package, Thammasat Int. J. Sci. Technol. 16(3): 9-25.
- [10] กมล บุชบา, 2547, การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ไม่ถูกต้องของโปรแกรม SPSS ในการทดสอบแบบแฟกทอเรียลกรณีตัวแบบอิทธิพลผสม, ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 12(1): 77-82.
- [11] กมล บุชบา, 2546, การรายงานค่า p-value ที่ทำให้เข้าใจผิดของโปรแกรม SPSS สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางไขว้ด้วยโค-สแควร์, ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 11(2): 83-86.
- [12] Bergmann, R., Ludbrook, J. and Spooen, W.P.J.M., 2000, Different outcomes of the Wilcoxon-Mann-Whitney test from different statistics packages, J. Amer. Stat. 54: 72-77.
- [13] Knüsel, L., 2005, On the accuracy of statistical distributions in Microsoft Excel 2003, Comput. Stat. Data Anal. 48: 445-449.
- [14] McCullough, B.D. and Wilson, B., 1999, On the accuracy of statistical procedures in Microsoft Excel 97, Comput. Stat. Data Anal. 31: 27-37.
- [15] กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์, 2550, การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจำลองแบบข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ, การประชุมวิชาการสถิติและสถิติประยุกต์ ประจำปี 2550.
- [16] Cochran, W.G., 1954, Some methods for strengthening the common χ^2 tests, Biometrics 10: 417-451.
- [17] Bradley, J.V., 1978, Robustness ?, Br. J. Math. Stat. Psychol. 31: 144-152.
- [18] Mason, A.L. and Bell, C.B., 1986, New Lilliefors and Srinivasan tables with application, Communic. Statist. Simul. 15: 457-459.