วิธีบูทสแตรปสำหรับการทดสอบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก

โดย

นางสาวอรวรรณ กลีบบัว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติประยุกต์

ภาควิชาสถิติ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2554

วิธีบูทสแตรปสำหรับการทดสอบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก

โดย
นางสาวอรวรรณ กลีบบัว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2554

A BOOTSTRAP METHOD FOR ZERO INFLATED POISSON TEST

By

Orawan Kleebbua

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

MASTER OF SCIENCE

Department of Statistics

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2011

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “วิธีบูทสแตรปสำหรับการทดสอบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก” เสนอโดย นางสาวอรวรรณ กลีบบัว เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่..........เดือน..........................พ.ศ.................

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลชนก พานิชการ

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์)

………../……………../….........

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญอ้อม โฉมที)

………../……………../….........

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลชนก พานิชการ)

………../……………../….........

52304205 : สาขาวิชาสถิติประยุกต์

คำสำคัญ : ปัวซงที่มีค่าศูนย์มาก/ การแจกแจงแบบปัวซง/ วิธีบูทสแตรป

อรวรรณ กลีบบัว : วิธีบูทสแตรปสำหรับการทดสอบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.กมลชนก พานิชการ. 103 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการทดสอบสำหรับการแจกแจงแบบปัวซงโดยใช้การทดสอบดั้งเดิม 5 การทดสอบคือ การทดสอบคะแนน การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P การทดสอบ Cochran การทดสอบ Rao-Chakravarti และการทดสอบบูทสแตรปประยุกต์กับการทดสอบดั้งเดิมทั้ง 5 สำหรับเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของการทดสอบนั้นพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ ในการศึกษานี้ได้จำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 และความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเท่ากับ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0 กำหนดระดับนัยสำคัญคือ 0.05 ใช้ขนาดตัวอย่าง 10, 20 และ 50 ในแต่ละสถานการณ์กระทำซ้ำ 10,000 รอบ

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อพิจารณาค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ส่วนใหญ่การทดสอบบูทสแตรปประยุกต์บนการทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น สามารถควบคุมความน่าจะเป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี

2. เมื่อพิจารณากำลังการทดสอบ ส่วนใหญ่การทดสอบบูทสแตรปประยุกต์บนการทดสอบดั้งเดิมให้กำลังการทดสอบสูงกว่าการทดสอบดั้งเดิม

3. เมื่อพิจารณาทั้งความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 และ 7 การทดสอบแบบดั้งเดิมมีประสิทธิภาพ และเมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงมากกว่า 7 วิธีบูทสแตรปช่วยให้การทดสอบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2554

ลายมือชื่อนักศึกษา..

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์..

52304205 : MAJOR : APPLIED STATISTICS

KEY WORDS : ZERO-INFLATED POISSON/ POISSON DISTRIBUTION/ BOOTSTRAP METHODS

ORAWAN KLEEBBUA : A BOOTSTRAP METHOD FOR ZERO INFLATED POISSON TEST. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. DR. KAMOLCHANOK PANISHKANN, PH.D. 103 PP.

This research is aimed to compare the efficiency of poisson tests between five original tests, namely score test, likelihood ratio test, a test based on a confidence interval of P, Cochran test, Rao-Chakravarti test, and bootstrap tests applied on these five original tests. Controlling of probability of type I error and the power of test were considered as criteria of the efficiency comparison. In the study, the data were simulated from zero-inflated poisson populations with means of 5, 7, 9, 11, 13 and 15 and probabilities of interest of 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0. The sample sizes of 10, 20 and 50 were used. The significant level was 0.5. The 10,000 of replications were done in each situation.

The results are the followings.

1. With respect to the problbility of type I error, in the most situations, bootstrap test applied on likelihood ratio test can control the probability of type I error.

2. With respect to the power of test, bootstrap tests applied on the original tests have better power than the original tests.

3. With respect of both the probability of type I error and the power of test, the original tests perform well on zero-inflated poisson with means of 5 and 7. The bootstrap tests show the effectiveness over the original tests on zero-inflated poisson with means larger than 7.

Department of Statistics Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2011

Student's signature..

Thesis Advisor's signature..

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลชนก พานิชการ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของงานวิจัยนี้ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. มานัดถุ์ คำกอง ที่กรุณาให้คำแนะนำในจำลองข้อมูล กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญอ้อม โฉมที กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ช่วยอบรมสั่งสอน สนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ หน้า

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โดยทั่วไปแล้วการแจกแจงแบบปัวซงเป็นการแจกแจงที่ใช้อธิบายตัวแปรสุ่ม (X) แบบไม่ต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาตัวแปรสุ่มที่แทนจำนวนครั้งของการเกิดสิ่งที่สนใจในช่วงเวลาหนึ่ง หรือพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ตัวอย่างเช่น จำนวนคำที่พิมพ์ผิดต่อหนึ่งหน้ากระดาษ หรือจำนวนครั้งของโทรศัพท์ที่โทรเข้ามาในสำนักงาน ในช่วงเวลา 9.00 – 10.00 น. ของวัน ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มแบบปัวซง ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม X คือ

$$\Pr(x;\mu) = \frac{e^{-\mu}\mu^{x}}{x!};\, x = 0,1,2,\ldots$$

โดยที่ μ แทนจำนวนครั้งโดยเฉลี่ยของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจในช่วงเวลาหรือพื้นที่ที่สนใจ

การแจกแจงแบบปัวซงมักจะถูกนำมาใช้กับข้อมูลที่เป็นจำนวนนับ อย่างไรก็ตามการแจกแจงนี้ไม่ค่อยเหมาะสมกับข้อมูลจริงเมื่อข้อมูลมีจำนวนนับที่มีค่าเป็นศูนย์มากเกินไป เนื่องจากถ้าใช้การแจกแจงแบบปัวซงมาประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้นั้นต่ำกว่าความเป็นจริง จึงทำให้คุณสมบัติที่ใช้ในการอ้างอิง (Inference techniques) มีคุณภาพลดลงไปด้วย เช่นการตรวจสอบคุณภาพในโรงงาน จำนวนของที่เสียหรือไม่ได้มาตรฐานในหน่วยหนึ่ง โดยปกติจะมีการควบคุมคุณภาพให้มีของที่ไม่ได้มาตรฐานน้อยที่สุด ดังนั้นข้อมูลจริงจึงมีค่าศูนย์เป็นจำนวนมาก เมื่อเราหาแผนภูมิควบคุมมาตรฐานโดยใช้การแจกแจงแบบปัวซงก็จะส่งสัญญาณเตือนที่ผิดพลาดในหลายๆ กรณีเป็นประจำ เพราะว่ามีหลายจุดที่อยู่นอกขีดจำกัดการควบคุม เหตุการณ์นี้พบบ่อยเมื่อข้อมูลจริงมีค่าศูนย์จำนวนมาก

เมื่อข้อมูลมีค่าศูนย์จำนวนมากจะมีการแจกแจงที่เหมาะสมกว่าการแจกแจงแบบปัวซง (Campbell et al. 1991; Freund et al. 1999; Bohning 1998; Shankar et al. 1997; Miaou 1994)

โดยเมื่อกำหนดให้ p แทนความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ และเหตุการณ์ที่เราสนใจนี้มีการแจกแจงแบบปัวซง จะได้การแจกแจงของค่าสังเกต ดังนี้

$$\Pr\left(\text{ไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ}\right) = (1-\mathrm{p}) + \mathrm{p}e^{-\mu} \qquad ,x = 0$$

และ

$$\Pr\left(\text{เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ}\right) = \mathrm{p}\frac{\mu^{x}e^{-\mu}}{x!} \qquad ,x = 1,2,\ldots$$

การแจกแจงนี้เป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็นการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก (Zero-Inflated Poisson; ZIP)

การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มากถูกนำไปใช้ในหลากหลายสาขาวิชา เช่น แพทยศาสตร์ (Bohning et al.(1992, 1999) , van den Broek (1995)) ประกันภัย (Jean-Philippe Boucher et al. (2009)) และในสาขาวิชาอื่นๆ อย่างกว้างขวาง ในปี 1920 Greenwood and Yule ได้ศึกษางานวิจัยอุบัติเหตุ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิซึ่งประกอบด้วยจำนวนอุบัติเหตุของผู้หญิงทำงาน 647 คน ในโรงงานอาวุธ จากการศึกษาพบว่าข้อมูลไม่เหมาะสมกับการแจกแจงแบบปัวซง เนื่องจากข้อมูลประกอบด้วยค่าศูนย์เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มากจึงมีความเหมาะสมกับข้อมูลมากกว่า ต่อมาในปี 1991 Kuan et al. ได้ศึกษางานวิจัยอุบัติเหตุทางจราจร ที่ได้มาจากแฟ้มข้อมูลใบขับขี่ของกระทรวงยานยนต์ California โดยตัวแปรหนึ่งที่สนใจคือ ความถี่ของจำนวนของอุบัติเหตุต่อคนขับ ซึ่งพิจารณาได้ว่าข้อมูลมีความเหมาะสมกับการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมากมากกว่าการแจกแจงแบบปัวซง และในปี 1995 Broek ได้ทำการวิเคราะห์ผู้ป่วยชายที่ติดเชื้อ HIV ที่เข้าร่วมกับการแพทย์ระหว่างประเทศของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย Utrecht (Utrecht University Hospital) ข้อมูลประกอบด้วย จำนวนครั้งของผู้ชายเหล่านี้ที่ติดเชื้อทางกระเพาะปัสสาวะในช่วงเวลาหนึ่ง จากการเปรียบเทียบความถี่ที่ได้จากค่าสังเกตกับความถี่คาดหวังของปัวซง และZIP พบว่าข้อมูลมีความเหมาะสมกับการแจกแจงแบบ ZIP มากกว่าแบบปัวซง

การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมากเป็นลักษณะทั่วไปของการแจกแจงแบบปัวซง แต่มีความซับซ้อนมาก จึงควรใช้เมื่อการแจกแจงแบบปัวซงไม่ถูกต้องเท่านั้น ดังนั้น

การทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปัวซงหรือ ZIP จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวมีผู้นำเสนอไว้หลายวิธีด้วยกัน

ในปี 1954 Cochran นำเสนอการทดสอบ Cochran โดยการเปรียบเทียบความถี่ของค่าสังเกตกับความถี่คาดหวังของการแจกแจงแบบปัวซง สำหรับทดสอบตัวแบบปัวซงเทียบกับตัวแบบ ZIP เป็นการทดสอบแรก ในปี 1956 Rao-Chakravarti นำเสนอการทดสอบ Rao-Chakravarti โดยมีเงื่อนไขอยู่บนผลรวมของค่าสังเกต ต่อมาในปี 1985 El-Shaarawi เปรียบเทียบการทดสอบทั้งสองการทดสอบที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นโดยใช้อัตราส่วนความควรจะเป็น และนำเสนอเป็นการทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น และในปี 1995 Vandenbroek นำเสนอการทดสอบคะแนน ต่อมามีการนำเสนอการทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P ซึ่งใช้พื้นฐานของการแจกแจงลู่เข้าการแจกแจงแบบปกติของตัวประมาณของพารามิเตอร์

ในปี 2001 M. Xie*, B. He, T.N. Goh ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทดสอบสำหรับเลือกว่าข้อมูลเหมาะสมกับการแจกแจงแบบปัวซงหรือการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มากจำนวนหนึ่ง พบว่าการทดสอบทั้งหมดให้กำลังการทดสอบที่สูง แต่ค่าประมาณของระดับนัยสำคัญต่ำกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบแบบช่วงความเชื่อมั่น

ในปี 2005 Byoung Cheol Jung Myoungshic Jung and Jae Won Lee นำวิธีบูทสแตรปไปประยุกต์เพื่อแสดงว่าวิธีบูทสแตรปจะรักษาระดับนัยสำคัญได้ใกล้เคียงกับที่กำหนด พร้อมทั้งให้กำลังการทดสอบที่สูงกว่า

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบต่างๆ และนำวิธีบูทสแตรปมาประยุกต์กับการทดสอบเหล่านี้ เพื่อทดสอบว่าการแจกแจงแบบปัวซงหรือการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มากเหมาะสมมากกว่ากัน โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. ศึกษาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบต่างๆ

2. ศึกษาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบสำหรับการทดสอบต่างๆ

สมมติฐานการวิจัย

1. ภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกันความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของแต่ละการทดสอบจะแตกต่างกัน
2. ภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกันกำลังการทดสอบของแต่ละการทดสอบจะแตกต่างกัน

ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ถือว่า ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังในการทดสอบ เป็นการเลือกการทดสอบที่มีประสิทธิภาพสำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มาก

โดยในการศึกษาครั้งนี้กระทำภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มากที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซง และความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเป็นค่าคงที่

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้กระทำภายใต้ขอบเขตสำหรับการทดสอบการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มาก ดังนี้

1. ศึกษาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบของการทดสอบดังนี้
   1.1 การทดสอบคะแนน (Score test)
   1.2 การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (Likelihood ratio test)
   1.3 การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P (A test based on a confidence interval of P)
   1.4 การทดสอบ Cochran (Cochran test)
   1.5 การทดสอบ Rao-Chakravarti (Rao-Chakravarti test)
   1.6 การทดสอบบูทสแตรป (Bootstrap test) ประยุกต์กับ

1.6.1 การทดสอบคะแนน (Score test)

1.6.3 การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (Likelihood ratio test)

1.6.3 การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P (A test based on a confidence interval of P)

1.6.4 การทดสอบ Cochran (Cochran test)

1.6.5 การทดสอบ Rao-Chakravarti (Rao-Chakravarti test)

2. จำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มากที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ เท่ากับ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0 โดยมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5, 7, 9, 11, 13 และ 15

3. ขนาดตัวอย่างที่ศึกษามี 3 ขนาดคือ 10, 20 และ 50 โดยกำหนดให้ขนาดตัวอย่าง 10 เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดตัวอย่าง 20 เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างขนาดกลาง และขนาดตัวอย่าง 50 เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

4. กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบ (Level of significance) คือ 0.05

5. การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำลองข้อมูลจำนวน 10,000 ชุด โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ประมวลผลภายใต้โปรแกรม MATLAB

เกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการควบคุมระดับนัยสำคัญของตัวสถิติทดสอบ โดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Z ในการทดสอบสมมติฐานแบบ 2 ด้าน (Bredley 1978: อ้างถึงใน รุ้งรวี เอื้อเจริญทรัพย์ 2544: 218-220)

กำหนด α แทนระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริง

$\hat{\alpha}$ แทนค่าประมาณของระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นจริง

α_0 แทนระดับนัยสำคัญที่กำหนด

n แทนขนาดตัวอย่างที่ใช้ในที่นี้เท่ากับ 1,000

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ คือ

$$H_0 : \alpha = \alpha_0$$

$$H_1 : \alpha \neq \alpha_0$$

ตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ

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

เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 0.05 ตัวสถิติทดสอบจะสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นได้ ถ้า $\hat{\alpha}$ อยู่ในช่วง

$$\alpha_0 - Z_{\frac{0.05}{2}}\sqrt{\frac{\alpha_0(1-\alpha_0)}{n}} \leq \hat{\alpha} \leq \alpha_0 + Z_{\frac{0.05}{2}}\sqrt{\frac{\alpha_0(1-\alpha_0)}{n}}$$

เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ศึกษาเท่ากับ 0.05 การทดสอบจะสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นได้ถ้า $\hat{\alpha}$ อยู่ในช่วง

$$\hat{\alpha} \leq 0.05 + 1.96\sqrt{\frac{(0.05)(0.95)}{1000}}$$

และ

$$\hat{\alpha} \geq 0.05 - 1.96\sqrt{\frac{(0.05)(0.95)}{1000}}$$

นั่นคือ

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

ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการคำนวณมีค่าอยู่ในช่วง [0.036, 0.063] ภายใต้ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดสอบใดที่มีค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วงดังกล่าวจะถือว่า การทดสอบนั้นสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 หมายถึง ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง อยู่ในช่วง [0.036,0.063]

กำลังการทดสอบ (Power of the test) หมายถึงความน่าจะเป็นของการปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อสมมติฐานแย้งเป็นจริง

ประสิทธิภาพในการทดสอบ หมายถึง เกณฑ์ในการตัดสินใจว่าการทดสอบใดดีที่สุดในการทดสอบที่เลือกมาศึกษา โดยวัดประสิทธิภาพจากความสามารถในการการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบว่าการทดสอบใดมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

2. ทราบผลการเปรียบเทียบว่าการทดสอบที่ใช้บูทสแตรปเข้ามาช่วยจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นหรือไม่

3. เป็นแนวทางให้ผู้วิจัยเลือกการทดสอบที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่ทำการศึกษามากที่สุดในการทดสอบการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มาก

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การแจกแจงแบบปัวซง (Poisson distribution)

การแจกแจงแบบปัวซงเป็นการแจกแจงที่ใช้อธิบายตัวแปรสุ่ม (X) แบบไม่ต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาตัวแปรสุ่มที่แทนจำนวนครั้งของการเกิดสิ่งที่สนใจในช่วงเวลาหนึ่ง หรือพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ตัวอย่างเช่น สนใจ

จำนวนของโทรศัพท์ที่โทรเข้ามาในสำนักงาน ในช่วงเวลา 9.00 – 10.00 น. ของวัน

จำนวนคำที่พิมพ์ผิดต่อหนึ่งหน้ากระดาษ

จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ณ ทางแยกแห่งหนึ่ง ใน 1 สัปดาห์

การทดลองแบบปัวซงมีคุณสมบัติต่อไปนี้

1. จำนวนครั้งของสิ่งที่สนใจที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือในสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งเป็นอิสระจากจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาอื่นๆ หรือสถานการณ์อื่นๆ
2. ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ 1 ครั้ง ในช่วงเวลาสั้นๆ หรือในพื้นที่เล็กๆ เป็นสัดส่วนกับช่วงของเวลา หรือขนาดของพื้นที่ แต่จะไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่สนใจนอกเหนือช่วงเวลา หรือพื้นที่ที่กำหนด
3. ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจมากกว่า 1 ครั้ง ในช่วงเวลาสั้นๆ หรือในพื้นที่เล็กๆ มีค่าน้อยมาก สามารถตัดทิ้งไปได้ (หรือความน่าจะเป็นสามารถประมาณได้ด้วยศูนย์)

ถ้า X แทนจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจของการทดลองแบบปัวซงแล้ว จะเรียก X ว่าเป็นตัวแปรสุ่มแบบปัวซง

นิยาม 2.1 ถ้า X แทนจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่สนใจในช่วงเวลา หรือพื้นที่ที่สนใจจากการทดลองแบบปัวซง จะเรียก X ว่าเป็นตัวแปรสุ่มปัวซง และฟังก์ชันความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม X คือ

$$\Pr(x;\mu) = \frac{e^{-\mu}\mu^{x}}{x!};\, x = 0,1,2,\ldots$$

โดยที่ μ แทนจำนวนครั้งโดยเฉลี่ยของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจในช่วงเวลาหรือพื้นที่ที่สนใจ

และ $E(X) = Var(X) = \mu$

การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มาก (Zero Inflated Poisson Distribution:ZIP) (Chin-Shang Li, 2012)

ให้ U แทนตัวแปรที่ซ่อนอยู่ซึ่งบ่งบอกถึงสถานะความเสี่ยงของแต่ละบุคคล โดยที่

$U = 0$ ถ้าไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ที่เราสนใจ

$U = 1$ ถ้ามีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

$p = Pr(U = 1)$ แทนความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

X แทนจำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

นิยามที่ $U = 1$ จะมีการแจกแจงเป็นแบบปัวซงโดยมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นคือ

$f(x;\mu|U=1) = Pr(X=x;\mu|U=1) = e^{-\mu}\mu^x/x!$ สำหรับ $x = 0, 1, 2, \ldots$

และ μ เป็นค่าเฉลี่ยของปัวซง

$U = 0$ จะมีการแจกแจงเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นที่มีค่าเพียงค่าเดียวเท่านั้น คือ

$f(x;\mu|U=0) = I_{\{x=0\}}$ สำหรับ $x=0, 1, 2, \ldots$

โดยที่ $I_{\{x=0\}}$ คือฟังก์ชันบ่งชี้ ซึ่งเป็น 1 ถ้า $x = 0$ และเป็น 0 ถ้า x มีค่าอื่นๆ

จึงกล่าวได้ว่า $U = 1$ ถ้า $x = 0, 1, 2, \ldots$ และ U ไม่มีค่าสังเกต ถ้า $x=0$ ถ้าเราให้ $f(x;p,\mu) = Pr(X=x;p,\mu)$ เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไม่มีเงื่อนไขของ X ดังนั้น สามารถเขียนการแจกแจงมาร์จินัลของ X ได้ดังนี้

$$f(x;p,\mu) = Pr(U=0)\,f(x;\mu|U=0) + Pr(U=1)\,f(x;\mu|U=1)$$

$$= (1-p)I_{\{x=0\}} + p\frac{e^{-\mu}\mu^x}{x!}, x = 0, 1, 2, \ldots$$

การแจกแจงแบบมาร์จินัล f(x;p,μ) คือการแจกแจงผสม ซึ่งผสม f(x;μ|U=0) และ f(x;μ|U=1) ด้วยสัดส่วน 1-p และ p ตามลำดับ ดังนั้นการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มากจึงมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น ดังนี้

$$f(x;p,\mu) = \begin{cases} 1 - p + p\exp(-\mu) & ,x = 0 \\ pP_0(x,\mu) & ,x = 1,2,\ldots \end{cases}$$

โดยที่ P_0 แทนฟังก์ชันการแจกแจงของปัวซง

สำหรับตัวแบบ ZIP จะมี (Bohning et al., 1999) $E(X) = p\mu$ และ $Var(X) = p\mu + p\mu(\mu - p\mu)$ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าตัวแบบ ZIP เป็นเรื่องที่ง่ายมากเพราะมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนในรูปแบบปิด ตัวอย่างเช่นสามารถหาได้จากตัวประมาณโมเมนต์ หรือสามารถหาได้โดยตรงจากตัวประมาณความควรจะเป็นสูงสุด

พิจารณาชุดของค่าสังเกต $\{X_1, X_2, \ldots, X_n\}$ ของตัวอย่างสุ่มที่มีขนาด n ให้ n_i แทนจำนวนของจำนวนนับที่ i ในตัวอย่าง ดังนั้น n_0 คือจำนวนของค่าศูนย์ในตัวอย่าง แล้วลอกาลิทึมของฟังก์ชันความควรจะเป็น คือ

$$l(p,\mu) = n_0\log\{1 - p + p\exp(-\mu)\} + \textstyle\sum_{x=1}^{\infty} n_x \log\{pP_0(x,\mu)\}$$

โดยการหาอนุพันธ์เทียบกับพารามิเตอร์ จะได้ตัวประมาณความควรจะเป็นสูงสุด (MLE) คือ

$$\hat{p} = \frac{1 - n_0/n}{1 - \exp(-\mu)}$$
$$\hat{\mu} = \bar{x}/\hat{p}$$

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

ถ้าให้ p = 1 การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มาก จะลดรูปเป็นการแจกแจงแบบปัวซง แต่การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มากจะมีความซับซ้อนมากกว่า จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะทดสอบ

สมมติฐาน $H_0 : p = 1$

$H_1 : p \neq 1$

เมื่อไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานได้ แสดงว่าไม่จำเป็นที่จะใช้การแจกแจงแบบ ZIP เนื่องจากใช้การแจกแจงแบบปัวซงง่ายกว่า ในหัวข้อต่อไปจะสรุปการทดสอบต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบเทียบกับการแจกแจงแบบปัวซง

ในปี 1995 Vandenbroek ได้นำเสนอการทดสอบที่เรียกว่าการทดสอบคะแนน (score test) สำหรับทดสอบสมมติฐานที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้ และในปี 1996 Gupta ใช้การทดสอบตามทฤษฎีความควรจะเป็นเชิงเส้นกำกับ ซึ่งมีวิธีการทดสอบอื่นๆ อีกหลายวิธีที่สามารถใช้ทดสอบสมมติฐานนี้ได้ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการทดสอบที่สามารถใช้ทดสอบตัวแบบปัวซงเทียบกับตัวแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มากจำนวนหนึ่ง

1.1 การทดสอบคะแนน (Score test)

ในปี 1995 Vandenbroek นำเสนอการทดสอบคะแนน (Score test) สำหรับทดสอบสมมติฐานที่เราสนใจ ตัวสถิติคะแนนสามารถเขียนได้ดังนี้

$$S_1 = \frac{(n_0 - np_0)^2}{np_0(1 - p_0) - n\bar{x}p_0^2}$$

โดยที่ n คือจำนวนค่าสังเกตทั้งหมด, n_0 คือจำนวนของศูนย์ในค่าสังเกต, $\bar{x}$ คือค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต และ $p_0 = e^{-\hat{\mu}_1}$ ที่ซึ่ง $\hat{\mu}_1$ คือตัวประมาณของพารามิเตอร์ปัวซงภายใต้สมมติฐานว่าง ตัวสถิตินี้จะมีการแจกแจงลู่เข้าสู่การแจงแจงแบบไคกำลังสองที่มีองศาอิสระเท่ากับ 1

1.2 การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (Likelihood ratio test)

ในปี 1985 El-Shaarawi นำเสนอการทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นมาตรฐานซึ่งใช้ในการทดสอบนี้ได้ ตัวสถิติทดสอบของการทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$-2\ln\wedge = 2\left\{n_0\ln\left(\frac{n_0}{n}\right) + (n - n_0)\left(\ln\left(\frac{\bar{x}}{\hat{\mu}_2}\right) - \hat{\mu}_2\right) + n\bar{x}(\ln\hat{\mu}_2 + 1 - \ln\bar{x})\right\} \triangleq S_2$$

โดยที่ $\hat{\mu}_2$ คือตัวประมาณของพารามิเตอร์ปัวซง

ภายใต้สมมติฐานว่าง ตัวสถิติทดสอบ S_2 จะถูกประมาณเป็นการแจกแจงแบบไคกำลังสองที่มีองศาอิสระเท่ากับ 1

1.3 การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P (A test based on a confidence interval of P)

เป็นการทดสอบที่มีพื้นฐานบนการแจกแจงลู่เข้าของการแจกแจงแบบปกติของตัวประมาณของพารามิเตอร์ จากคุณสมบัติทางสถิติของตัวแบบ ZIP จะได้ว่า

$$E(\bar{X}) = E(X) = p\mu$$

และ

$$\mathrm{Var}(\bar{X}) = \frac{1}{n}\mathrm{Var}(X) = \frac{1}{n}\{p\mu + p\mu(\mu - p\mu)\}$$

จากทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง รูปแบบการแจกแจงของ

$$Z = \frac{\bar{X} - p\mu}{\sqrt{\frac{\{p\mu + p\mu(\mu - p\mu)\}}{n}}}$$

จะมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน เมื่อ $n \rightarrow \infty$ ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่นลู่เข้า $100(1-\alpha)\%$ ของ P คือ

$$\frac{\bar{X} - Z_{\alpha/2}\sqrt{\{E(X) + E(X)(\mu - E(X)\}/n}}{\mu} \leq P \leq \frac{\bar{X} + Z_{\alpha/2}\sqrt{\{E(X) + E(X)(\mu - E(X)\}/n}}{\mu}$$

ในทางปฏิบัติเมื่อเรามีชุดข้อมูล เราจะคำนวณช่วงความเชื่อมั่นด้านบนโดยแทน μ และ E(X) ด้วยตัวประมาณความควรจะเป็นสูงสุดของ μ ($\hat{\mu}_2$)และค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง ($\bar{x}$) ตามลำดับ ดังนั้นช่วงความเชื่อมั่นสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{\bar{x} - Z_{\alpha/2}\sqrt{\{\bar{x} + \bar{x}(\hat{\mu}_2 - \bar{x})\}/n}}{\hat{\mu}_2} \leq P \leq \frac{\bar{x} + Z_{\alpha/2}\sqrt{\{\bar{x} + \bar{x}(\hat{\mu}_2 - \bar{x})\}/n}}{\hat{\mu}_2}$$

ดังนั้นตัวสถิติทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P สามารถเขียนได้เป็น

$$S_3 = \frac{\bar{x} + Z_{\alpha/2}\sqrt{\{\bar{x} + \bar{x}(\hat{\mu}_2 - \bar{x})\}/n}}{\hat{\mu}_2}$$

บริเวณวิกฤตของวิธีการทดสอบนี้คือ $S_3<1$ นั่นคือเมื่อ $S_3<1$ จะปฏิเสธสมมติฐานว่างที่ระดับนัยสำคัญ α ดังนั้นควรใช้ตัวแบบ ZIP แทนตัวแบบของปัวซง ในขณะที่เมื่อ $S_3\geq 1$ จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานว่างได้ ดังนั้นเราควรจะใช้ตัวแบบปัวซง

1.4 การทดสอบ Cochran (Cochran test)

ในปี 1954 Cochran ได้นำเสนอการทดสอบนี้เป็นการทดสอบแรกสำหรับทดสอบตัวแบบปัวซงเทียบกับตัวแบบ ZIP โดยปกติเรียกว่าการทดสอบ C ตัวสถิติทดสอบ C เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้

$$C = \frac{(n_0 - ne^{-\bar{x}})}{[ne^{-\bar{x}}(1 - e^{-\bar{x}} - \bar{x}e^{-\bar{x}})]^{1/2}} \triangleq S_4$$

ภายใต้สมมติฐานว่าง ตัวสถิติทดสอบ S_4 มีการแจกแจงลู่เข้าแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1

1.5 การทดสอบ Rao-Chakravarti (Rao-Chakravarti test)

ในปี 1956 Rao and Chakravarti เสนอวิธีการทดสอบ R สำหรับการทดสอบตัวแบบปัวซงเทียบกับตัวแบบ ZIP สูตรในการคำนวณสำหรับตัวสถิติทดสอบ R คือ

$$R = \frac{n_0 - n\left(\frac{n-1}{n}\right)^{n\bar{x}}}{\left\{n\left(\frac{n-1}{n}\right)^{n\bar{x}} - n^2\left(\frac{n-1}{n}\right)^{2n\bar{x}} + n(n-1)\left(\frac{n-2}{n}\right)^{n\bar{x}}\right\}^{1/2}} \triangleq S_5$$

ภายใต้สมมติฐานว่างเป็นจริง ตัวสถิติทดสอบ S_5 มีการแจกแจงปกติโดยประมาณ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1

วิธีการบูทสแตรป (Bootstrap method)

ในปี 1979 Efron แนะนำวิธีบูทสแตรปว่าเป็นกระบวนการสุ่มตัวอย่างใหม่สำหรับประมาณการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบที่ขึ้นอยู่กับค่าสังเกตที่เป็นอิสระกัน วิธีการนี้ใช้ได้ดีในหลายๆ สถานการณ์ ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นว่าเป็นทางเลือกหนึ่งของวิธีเชิงเส้นกำกับ ในความ

เป็นจริงวิธีนี้ดีกว่าวิธีเชิงเส้นกำกับบางวิธี เช่น การแจกแจงแบบปกติเชิงเส้นกำกับ (traditional normal approximate distribution)

กระบวนการบูทสแตรปแบบไม่ใช้พารามิเตอร์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างการแจกแจงความน่าจะเป็น (Ω) จากตัวอย่างโดยให้ความน่าจะเป็นเท่ากับ 1/n เท่ากันสำหรับแต่ละ $X_1, X_2, \ldots, X_n$ ของตัวอย่าง ฟังก์ชันการแจกแจงของตัวอย่างนี้จะเป็นตัวประมาณความควรจะเป็นสูงสุดแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ของการแจกแจงประชากร (F)

ขั้นตอนที่ 2 จากฟังก์ชันการแจกแจง F_n ให้สุ่มตัวอย่างใหม่ขนาด n แบบแทนที่

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณตัวสถิติที่สนใจ (S_n) สำหรับตัวอย่างใหม่นี้ (S_n^*)

ขั้นตอนที่ 4 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 และ 3 จำนวน B ครั้ง โดยที่ B เป็นจำนวนที่ใหญ่ เพื่อที่จะสร้างตัวอย่างใหม่จำนวน B ชุด ขนาดของ B ขึ้นอยู่กับการทดสอบที่กระทำบนข้อมูล

ขั้นตอนที่ 5 สร้างกราฟแสดงความถี่สัมพัทธ์จาก S_n^* จำนวน B ค่าด้วยความน่าจะเป็น 1/B สำหรับแต่ละค่า $S_n^{*1}, S_n^{*2}, \ldots, S_n^{*B}$

การแจกแจงที่ได้ จะเป็นตัวประมาณแบบ Bootstrap ของการแจกแจงตัวอย่างของ S_n การแจกแจงนี้จะสามารถที่จะใช้ในการอนุมานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ θ ซึ่งถูกประมาณโดย S_n

ตัวอย่างการคำนวณ

1. จำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ ZIP ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 10 และความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเท่ากับ 0.8 ดังนี้

0	0	8	17	9	4	11	11	8	6

ดังนั้น $\hat{\mu} = 10$ $\quad$ $n = 10$ $\quad$ $\hat{p} = 0.8$ $\quad$ $n_0 = 2$ $\quad$ $\bar{x} = 7.4$

เพื่อทดสอบสมมติฐาน

$H_0: p = 1$ $\qquad$ $H_1: p \neq 1$

2 คำนวณค่าสถิติของแต่ละการทดสอบ

2.1 การทดสอบคะแนน

$$S_1 = \frac{(n_0 - np_0)^2}{np_0(1-p_0) - n\bar{x}p_0^2}$$

โดยที่ $\hat{\mu}_1$ แทนค่าประมาณของพารามิเตอร์ปัวซงภายใต้สมมติฐานว่าง

จะได้ $\hat{\mu}_1 = \bar{x}/p = 7.4/1 = 7.4$

$$p_0 = e^{-\hat{\mu}_1} = e^{-7.4} = 0.000611$$

$$1 - p_0 = 1 - 0.000611 = 0.999389$$

$$p_0^2 = (0.000611)^2 = 0.0000003733$$

$$s_1 = \frac{(2 - 10(0.000611))^2}{10(0.000611)(0.999389) - 10(7.4)(0.0000003733)}$$

$$= 653.8816$$

2.2 การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นสูงสุด

$\hat{\mu}_2 = 10$

$$S_2 = -2\ln\Lambda = 2\left\{n_0 \ln\left(\frac{n_0}{n}\right) + (n - n_0)\left(\ln\left(\frac{\bar{x}}{\hat{\mu}_2}\right) - \hat{\mu}_2\right) + n\bar{x}(\ln\hat{\mu}_2 + 1 - \ln\bar{x})\right\}$$

$$s_2 = 2\{2\ln\left(\frac{2}{10}\right) + 8\left(\ln\left(\frac{7.4}{10}\right) - 10\right) + 10(7.4)(\ln 10 + 1 - \ln 7.4)\}$$

$$= 21.3096$$

2.3 การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P

$$S_3 = \frac{\bar{x} + z_\alpha\sqrt{\{\bar{x} + \bar{x}[\hat{\mu}_2 - \bar{x}]\}/n}}{\hat{\mu}_2}$$

$$s_3 = \frac{7.4 + 1.645\sqrt{\left(7.4 + 7.4(10 - 7.4)\right)/10}}{10}$$

$$= 1.0085$$

2.4 การทดสอบ Cochran

$$S_4 = \frac{(n_0 - ne^{-\bar{x}})}{[ne^{-\bar{x}}(1 - e^{-\bar{x}} - \bar{x}e^{-\bar{x}})]^{1/2}}$$

$$s_4 = \frac{(2 - 10e^{-\overline{7.4}})}{[10e^{-7.4}(1 - e^{-7.4} - 7.4e^{-7.4})]^{1/2}}$$

$$= 25.5725$$

2.5 การทดสอบ Rao-Chakravarti test

$$\mathrm{R} = \frac{n_0 - n\left(\frac{n-1}{n}\right)^{n\bar{y}}}{\left\{n\left(\frac{n-1}{n}\right)^{n\bar{y}} - n^2\left(\frac{n-1}{n}\right)^{2n\bar{y}} + n(n-1)\left(\frac{n-2}{n}\right)^{n\bar{y}}\right\}^{1/2}}$$

$$\mathrm{R} = \frac{2 - 10\left(\frac{9}{10}\right)^{10(7.4)}}{\left\{10\left(\frac{9}{10}\right)^{10(7.4)} - 10^2\left(\frac{9}{10}\right)^{2(10)(7.4)} + 10(9)\left(\frac{8}{10}\right)^{10(7.4)}\right\}^{1/2}}$$

$$= 31.174$$

3. สรุปผลการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานว่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดสอบ ($\alpha = 0.05$)

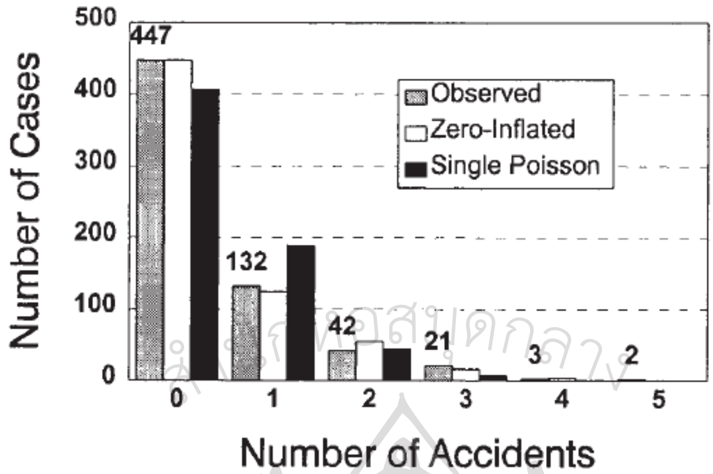
วิธีการทดสอบ	ค่าสถิติ	บริเวณวิกฤต	สรุปผลการทดสอบ
คะแนน (S_1)	653.8816	$S_1 > 3.84146$	Reject
อัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2)	21.3096	$S_2 > 3.84146$	Reject
ช่วงความเชื่อมั่น (S_3)	1.0085	$S_3 < 1$	Accept
Cochran (S_4)	25.5725	$\lvert S_4\rvert > 1.96$	Reject
Rao-Chakravarti (S_5)	31.174	$\lvert S_5\rvert > 1.96$	Reject

จากตารางที่ 1 พบว่าทุกการทดสอบยกเว้นการทดสอบช่วงความเชื่อมั่นปฏิเสธสมมติฐานว่างทั้งหมด เมื่อพิจารณาการทดสอบช่วงความเชื่อมั่น (S_3 = 1.0085) จะเห็นว่าค่าสถิติทดสอบมีค่าใกล้เคียงค่าวิกฤตมาก และการทดสอบแบบช่วงความเชื่อมั่นมีการป้องกันสมมติฐานว่างอย่างเข้มแข็งมาก (M. Xie et al., 2001) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลเหมาะสมกับการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Greenwood and Yule, (1920) ได้ศึกษางานวิจัยอุบัติเหตุ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิซึ่งประกอบด้วยจำนวนของอุบัติเหตุของผู้หญิงทำงาน 647 คน ในโรงงานอาวุธ ค่า χ^2 สำหรับ ZIP จะ

ได้ $\chi^2_{(1)}$=7.838 ซึ่งสอดคล้องกับ P-value = 0.0495 และค่า χ^2 สำหรับปัวซง คือ $\chi^2_{(2)} = 115.35$ ซึ่งสอดคล้องกับ P-value < 0.00001 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ข้อมูลไม่เหมาะสมกับการแจกแจงแบบปัวซง

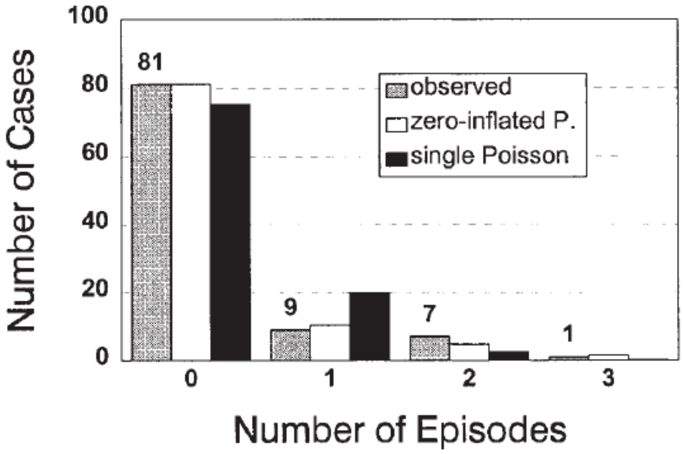


ภาพที่ 1 การแจกแจงของจำนวนครั้งที่เกิดอุบัติเหตุของผู้หญิงทำงาน 647 คน ในโรงงานอาวุธของความถี่ค่าสังเกต ความถี่คาดหวังภายใต้ ZIP และ POISSON

ที่มา: Bohning D., "Zero-inflated Poisson models and C.A.MAN: a tutorial collection of evidence," Biometricals J. 40 (1998) : 833-843.

Kuan et. Al, (1991) ได้ศึกษางานวิจัยอุบัติเหตุทางจราจรที่ได้มาจากแฟ้มข้อมูลใบขับขี่ของกระทรวงยานยนต์ California โดยตัวแปรหนึ่งที่สนใจคือ จำนวนของอุบัติเหตุต่อคนขับ ซึ่งพิจารณาพบว่าข้อมูลไม่เหมาะสมกับการแจกแจงแบบปัวซง

Broek (1995) ได้ทำการวิเคราะห์ผู้ป่วยชายที่ติดเชื้อ HIV ที่เข้าร่วมกับการแพทย์ระหว่างประเทศของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย Utrecht (Utrecht University Hospital) โดยเปรียบเทียบความถี่ที่ได้จากค่าสังเกต กับความถี่คาดหวังของปัวซง และ ZIP ข้อมูลประกอบด้วย จำนวนครั้งของผู้ชายเหล่านี้ที่ติดเชื้อทางกระเพาะปัสสาวะในช่วงเวลาหนึ่ง เป็นดังภาพที่ 2 Broek แนะนำว่าข้อมูลนี้ เหมาะสมกับตัวแบบ ZIP ค่า χ^2 สำหรับ ZIP คือ $\chi^2_{(3)} = 1.3723$ ซึ่งสอดคล้องกับ P-value = 0.2414 ค่า χ^2 สำหรับปัวซงคือ $\chi^2_{(4)}$ = 16.135 ซึ่งสอดคล้องกับ P-value = 0.0003 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าข้อมูลไม่เหมาะกับการแจกแจงแบบปัวซง



ภาพที่ 2 การแจกแจงของจำนวนครั้งที่ติดเชื้อทางกระเพาะปัสสาวะของความถี่ค่าสังเกต ความถี่คาดหวังภายใต้ ZIP และ POISSON

ที่มา: Bohning D., "Zero-inflated Poisson models and C.A.MAN: a tutorial collection of evidence," Biometricals J. 40 (1998) : 833-843.

M. Xie*, B. He, T.N.Goh (2001) ศึกษาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของการทดสอบการแจกแจงแบบปัวซงกับ ZIP จำนวนหนึ่ง โดยใช้ การทดสอบคะแนน การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น การทดสอบไคสแควร์ การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P การทดสอบ Cochran และการทดสอบ Rao-Chakravarti ด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล เมื่อกำหนดการแจกแบบ ZIP สำหรับแต่ละความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ (p) คือ 0.5 – 1.0 โดยเพิ่มขึ้นที่ละ 0.1 และค่าเฉลี่ยของปัวซง (μ) คือ 5 และ 10 โดยใช้ขนาดตัวอย่างที่ต่างกัน 3 ขนาด คือ 50 20 และ 10 ตามลำดับ และกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.01 และ 0.05 จากการวิเคราะห์ได้ผลดังนี้

การทดสอบทุกการทดสอบให้กำลังการทดสอบที่ดีทั้งหมดแม้ว่าพารามิเตอร์ p ค่อนข้างใกล้เคียงหนึ่ง แต่สำหรับการทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P จะมีกำลังการทดสอบน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับการทดสอบอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากมีการป้องกันสมมติฐานว่างอย่างเข้มแข็ง อย่างไรก็ตามค่าประมาณของระดับนัยสำคัญของทุกการทดสอบที่ได้จากการศึกษาจำลองข้อมูลน้อยกว่าระดับที่กำหนด ซึ่งความแตกต่างระหว่างค่าประมาณกับระดับที่กำหนดมีนัยสำคัญ เมื่อ μ มีค่าสูง (μ=10) แต่เมื่อมีค่าน้อยลง (μ=5) ค่าประมาณของระดับนัยสำคัญจะใกล้เคียงกับที่กำหนดมากมาก

ขึ้น ทุกการทดสอบยกเว้น การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P จะมีค่าประมาณของระดับนัยสำคัญเท่ากับศูนย์ตลอด ไม่ว่า μ จะน้อยหรือมาก

Byoung Cheol Jung, Myoungshic Jhun, and Jae Won Lee (2005) นำวิธีบูทสแตรปมาประยุกต์ใช้กับการทดสอบคะแนน สำหรับทดสอบตัวแบบถดถอย ZIP กับทวินามเชิงลบที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก (ZINB) จากการวิเคราะห์สรุปได้ว่า การนำวิธีบูทสแตรปมาประยุกต์ใช้กับการทดสอบคะแนน สามารถประมาณค่าระดับนัยสำคัญได้ใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญที่กำหนดมากกว่าการทดสอบคะแนนโดยใช้การแจกแจงแบบปกติเชิงเส้นกำกับ

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทดสอบที่ใช้ในการทดสอบว่าการแจกแจงแบบปัวซงหรือการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์มากที่เหมาะสมกับข้อมูลมากกว่า ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบคะแนน การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P การทดสอบ Cochran การทดสอบ Rao-Chakravarti และการทดสอบบูทสแตรป

ในการทำวิจัยครั้งนี้ศึกษาโดยวิธีการจำลองแบบข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบ

ขอบเขตของการจำลองแบบข้อมูล

1. ข้อมูลจำลองมาจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีพารามิเตอร์แตกต่างกันดังนี้
   - 1.1 ค่าเฉลี่ยปัวซง เท่ากับ 5, 7, 9, 11, 13 และ 15
   - 1.2 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ เท่ากับ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0
2. กำหนดขนาดตัวอย่าง คือ 10, 20 และ 50
3. กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

ขั้นตอนการวิจัย

1. คำนวณหาบริเวณวิกฤตของการทดสอบบูทสแตรป
   - 1.1 จำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ ZIP ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเท่ากับ p (p = 1.0) ขนาด n (n = 10 20 และ 50)

1.2 สุ่มตัวอย่างจากข้อมูลในข้อ (1.1) ขนาด n แบบแทนที่

1.3 คำนวณค่าสถิติทดสอบ (s_i^*) โดยที่ i = 1, 2, 3, 4, 5 สำหรับตัวอย่างที่ได้จาก (1.2)

1.4 ทำซ้ำ 1.2-1.3 จำนวน 7,000 ครั้ง

1.5 สร้างกราฟแสดงความถี่สัมพัทธ์จาก s_i^* จำนวน 7,000 ค่าด้วยความน่าจะเป็น 1/7,000 สำหรับแต่ละค่า $s_i^{*1}, s_i^{*2}, \ldots, s_i^{*7,000}$

1.6 หาค่า $S_i*(1-\alpha)$ [S_i^* ที่เปอร์เซนต์ไทล์ที่ $100(1-\alpha)$] สำหรับ i = 1, 2, 3

หาค่า $S_i*(\alpha/2)$ [S_i^* ที่เปอร์เซนต์ไทล์ที่ $100(\alpha/2)$] สำหรับ i = 4, 5

หาค่า $S_i*(1-\alpha/2)$ [S_i^* ที่เปอร์เซนต์ไทล์ที่ $100(1-\alpha/2)$] สำหรับ i = 4, 5

2. ขั้นตอนในการคำนวณค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

2.1 จำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ ZIP ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ μ และความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเท่ากับ p (p = 1.0) ขนาด n (n = 10 20 และ 50)

2.2 คำนวณค่าสถิติทดสอบ

2.3 สรุปผลการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานว่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.4 ทำซ้ำข้อ 2.1-2.3 จนครบ 10,000 ครั้ง แล้วทำการประมาณค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ด้วยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) ดังนี้

$$\text{ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 } (\hat{\alpha}) = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_0 \text{ เป็นจริง}}{10{,}000}$$

ถ้าค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบสำหรับแต่ละขนาดตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วงที่ได้กำหนดไว้ในเกณฑ์ของการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบ จะถือว่าตัวสถิติทดสอบนั้นมีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

3 ขั้นตอนในการคำนวณกำลังการทดสอบ

3.1 จำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ ZIP ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ μ และความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเท่ากับ p (p = 0.5 0.6 0.7 0.8 และ 0.9) ขนาด n (n = 10 20 และ 50)

3.2 คำนวณค่าสถิติทดสอบ

3.3 สรุปผลการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานว่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.4 ทำซ้ำข้อ 3.1-3.3 จนครบ 10,000 ครั้ง แล้วทำการประมาณกำลังการทดสอบ ด้วยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานว่าง ดังนี้

$$\text{ค่าประมาณของกำลังการทดสอบ } (\widehat{1-\beta}) = \frac{\text{จำนวนครั้งของการปฏิเสธ } H_0 \text{ เมื่อ } H_1 \text{ เป็นจริง}}{10{,}000}$$

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทดสอบที่ใช้ทดสอบการแจกแจงแบบปัวซง โดยการทดสอบที่เลือกมาทำการศึกษา คือ การทดสอบคะแนน การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P การทดสอบ Cochran การทดสอบ Rao-Chakravarti และการทดสอบบูทสแตรป

โดยสร้างข้อมูลภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก โดยมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ กัน ขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษามี 3 ขนาด คือ 10 แทนตัวอย่างขนาดเล็ก 20 แทนตัวอย่างขนาดกลาง และ 50 แทนตัวอย่างขนาดใหญ่

กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05 ในแต่ละสถานการณ์ ทำการจำลองข้อมูลจำนวน 10,000 ซ้ำ แล้วทำการทดสอบทั้ง 10 การทดสอบดังนี้

1. การทดสอบคะแนน ด้วยตัวสถิติทดสอบ S_1
2. การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบ S_2
3. การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p ด้วยตัวสถิติทดสอบ S_3
4. การทดสอบ Cochran ด้วยตัวสถิติทดสอบ S_4
5. การทดสอบ Rao-Chakravarti ด้วยตัวสถิติทดสอบ S_5
6. การทดสอบบูทสแตรป
   - 6.1 การทดสอบคะแนน ด้วยตัวสถิติทดสอบ Sb_1
   - 6.2 การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น ด้วยตัวสถิติทดสอบ Sb_2
   - 6.3 การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p ด้วยตัวสถิติทดสอบ Sb_3
   - 6.4 การทดสอบ Cochran ด้วยตัวสถิติทดสอบ Sb_4
   - 6.5 การทดสอบ Rao-Chakravarti ด้วยตัวสถิติทดสอบ Sb_5

สำหรับการทดสอบแบบบูทสแตรป จะทำซ้ำจำนวน 7,000 รอบ

การนำเสนอผลงานวิจัยจัดทำโดยการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบทั้ง 10 ตัว โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากนั้นจึงทำการศึกษาพิจารณาเปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่ทำการศึกษา โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 เปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบ เพื่อศึกษาว่าการนำวิธีบูทสแตรปมาประยุกต์กับตัวสถิติทดสอบจะมีผลทำให้กำลังการทดสอบมีค่าสูงขึ้นหรือไม่

กรณีที่ 2 เปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้เท่านั้น เพื่อศึกษาว่าตัวสถิติทดสอบใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด

เพื่อความสะดวกในการอธิบายผล การนำเสนอจึงนำเสนอในรูปแบบของตารางและกราฟ

ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ในการวิจัยครั้งนี้หากพบว่าตัวสถิติทดสอบใดมีค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง [0.036, 0.063] จะถือว่าการทดสอบนั้นสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในตารางที่ 1 แสดงค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 10 ตัว เมื่อจำลองข้อมูลแบบปัวซง สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 และ 50

ตารางที่ 2 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 10 ตัว เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง สำหรับตัวอย่างขนาด 10 20 และ 50

μ	n	Original					Bootstrap				
		s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
5	10	**0.0550**	0.0286	0.0109	**0.0550**	**0.0607**	0.1210	0.0818	0.0674	0.1648	0.1773
	20	0.0753	**0.0432**	0.0178	0.0753	0.0848	0.1445	0.0742	0.0293	0.1427	0.1489
	50	**0.0474**	0.2899	0.0247	**0.0474**	**0.0495**	0.2434	**0.0519**	0.0247	0.2965	0.2965
7	10	0.0074	0.0052	0.0047	0.0074	0.0075	**0.0549**	0.0310	**0.0489**	**0.0595**	**0.0595**
	20	0.0175	0.0112	0.0108	0.0175	0.0175	**0.0454**	**0.0491**	0.0257	**0.0453**	**0.0498**
	50	**0.0456**	0.2020	0.0192	**0.0456**	**0.0456**	0.0822	**0.0566**	**0.0451**	0.0804	0.0837
9	10	0.0014	0.0014	0.0037	0.0014	0.0014	0.0754	**0.0474**	**0.0599**	0.0667	0.0751
	20	0.0015	0.0010	0.0055	0.0015	0.0015	0.0268	**0.0422**	0.0203	0.0215	0.0239
	50	0.0056	0.1272	0.0131	0.0056	0.0056	0.0861	0.0904	0.0889	0.1077	0.1077
11	10	0.0000	0.0000	0.0020	0.0000	0.0000	**0.0360**	**0.0518**	**0.0360**	0.0280	0.0283
	20	0.0003	0.0003	0.0051	0.0003	0.0003	0.0329	**0.0448**	**0.0370**	0.0269	0.0288
	50	0.0005	0.0819	0.0137	0.0005	0.0005	**0.0552**	**0.0575**	**0.0548**	**0.0563**	**0.0535**
13	10	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0198	**0.0482**	0.0198	0.0145	0.0145
	20	0.0001	0.0001	0.0029	0.0001	0.0001	0.0242	**0.0411**	0.0241	0.0242	0.0213
	50	0.0004	0.0004	0.0091	0.0001	0.0001	**0.0589**	**0.0540**	**0.0499**	**0.0627**	**0.0623**
15	10	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.1323	**0.0485**	0.0875	0.1814	0.1933
	20	0.0000	0.0000	0.0022	0.0000	0.0000	0.0086	**0.0382**	0.0077	0.0044	0.0058
	50	0.0000	0.0000	0.0083	0.0000	0.0000	0.0772	0.0804	0.0772	0.0875	0.0969

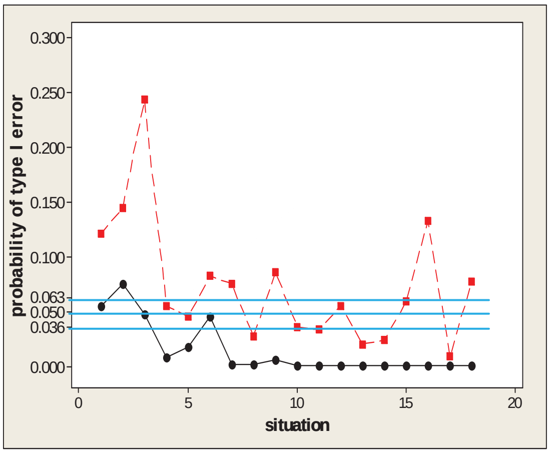
ค่าตัวเข้ม หมายถึง กรณีที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ค่าตัวธรรมดา หมายถึง กรณีที่ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

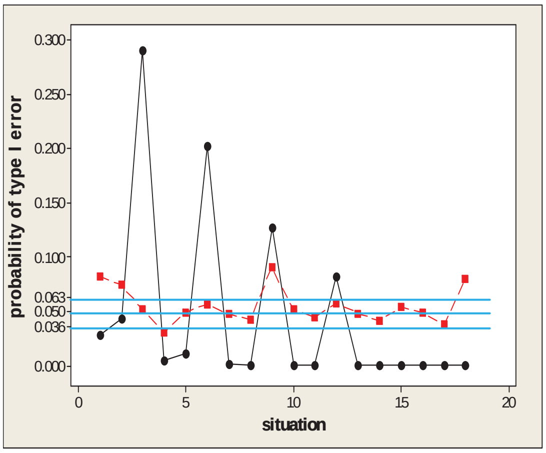
ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงจากตารางที่ 2 สามารถนำเสนอในภาพที่ 3-9 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 รายละเอียดสถานการณ์ ที่ใช้อธิบายในภาพที่ 3

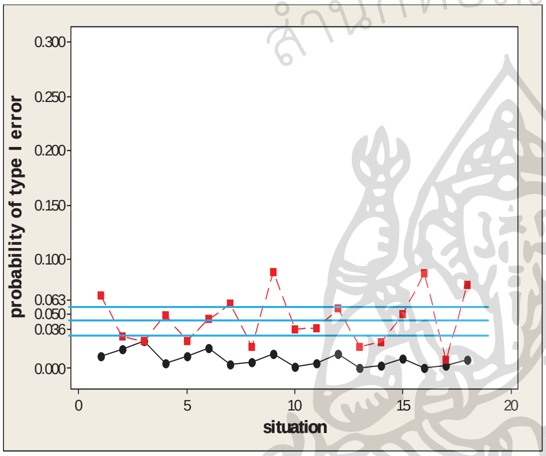
Situation	Detail
1	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่าง 10
2	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่าง 20
3	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่าง 50
4	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7 ขนาดตัวอย่าง 10
5	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7 ขนาดตัวอย่าง 20
6	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7 ขนาดตัวอย่าง 50
7	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9 ขนาดตัวอย่าง 10
8	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9 ขนาดตัวอย่าง 20
9	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9 ขนาดตัวอย่าง 50
10	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11 ขนาดตัวอย่าง 10
11	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11 ขนาดตัวอย่าง 20
12	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11 ขนาดตัวอย่าง 50
13	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13 ขนาดตัวอย่าง 10
14	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13 ขนาดตัวอย่าง 20
15	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13 ขนาดตัวอย่าง 50
16	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15 ขนาดตัวอย่าง 10
17	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15 ขนาดตัวอย่าง 20
18	จำลองข้อมูลจากการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15 ขนาดตัวอย่าง 50



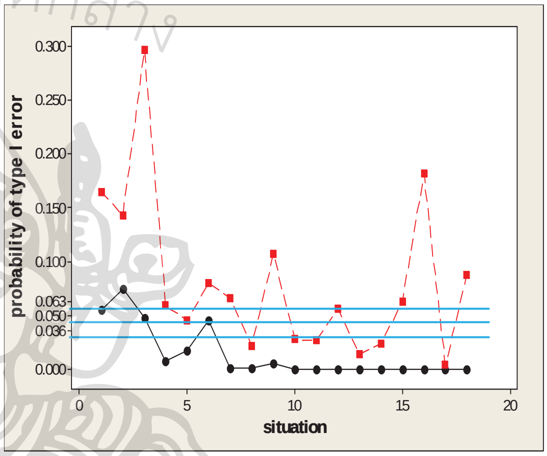
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



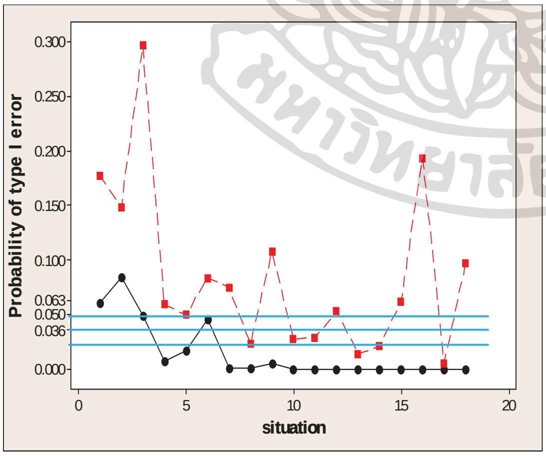
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

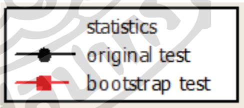


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)



(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)

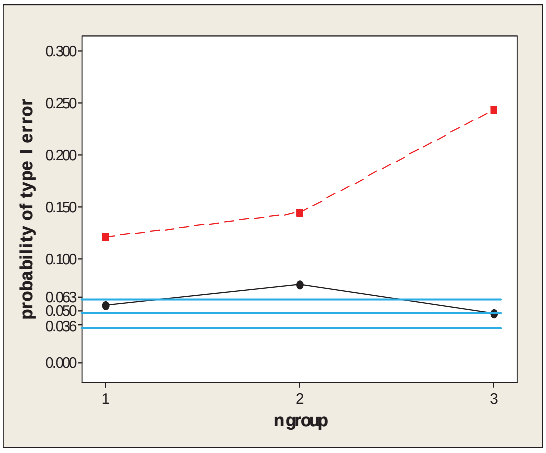
ภาพที่ 3 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง

จากภาพที่ 3 พบว่าภายใต้ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ตัวสถิติทดสอบ S_1 S_2 S_4 และ S_5 ส่วนใหญ่ให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 แตกต่างจากระดับนัยสำคัญมาก เนื่องจากเมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงมีค่ามากขึ้นค่าประมาณจะลู่เข้าสู่ค่าศูนย์ นั่นคือส่วนใหญ่ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ตัวสถิติทดสอบ S_3 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้เลย ภายใต้ข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 ให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดมาก อย่างไรก็ตามเมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงมากขึ้นการทดสอบเหล่านี้ก็สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มากขึ้น ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 และ Sb_3 ส่วนใหญ่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี

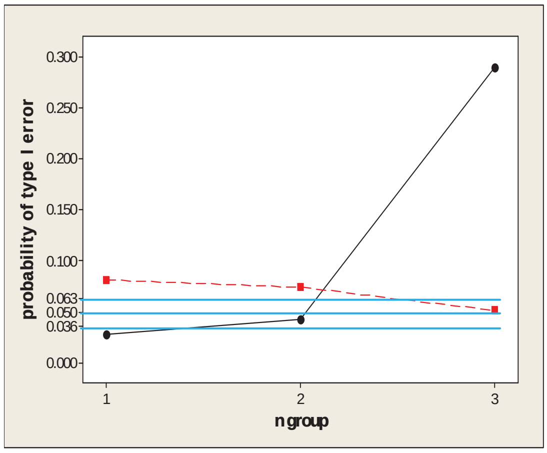
จากภาพที่ 3 (b) แสดงให้เห็นว่าตัวสถิติทดสอบ S_2 ให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงมาก เมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 แต่เมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงมีค่ามากขึ้น ค่าประมาณก็จะลดลงเรื่อยๆ

ตารางที่ 4 รายละเอียดขนาดตัวอย่าง

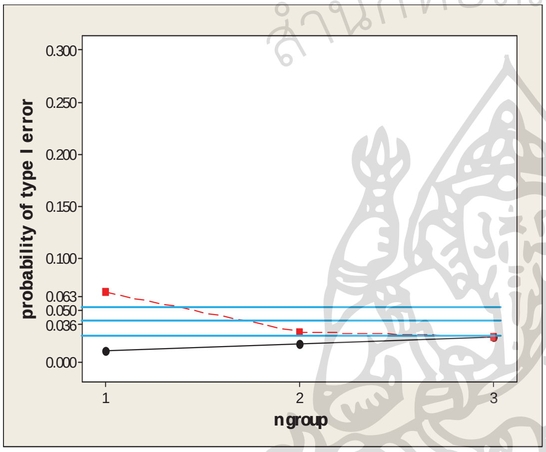
กลุ่มของขนาดตัวอย่าง	ขนาดตัวอย่าง
1	10
2	20
3	50



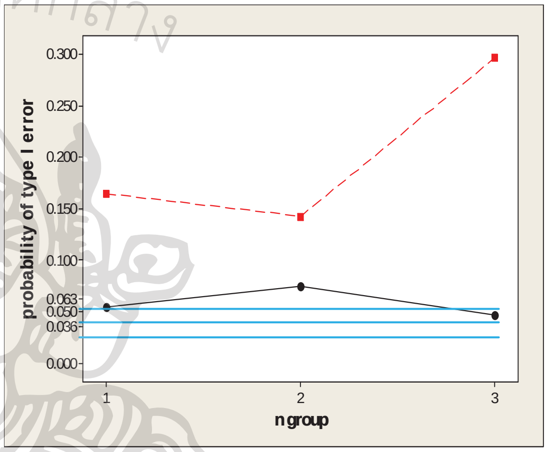
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



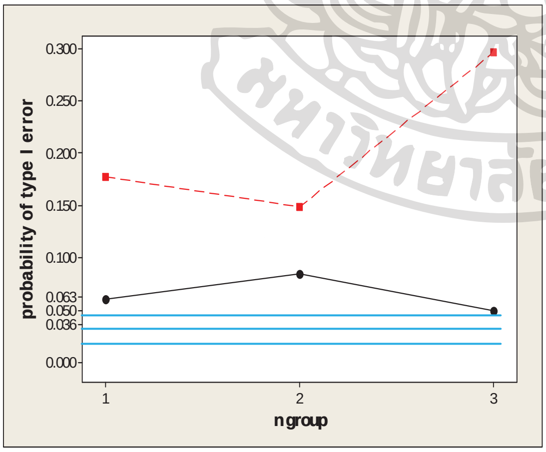
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

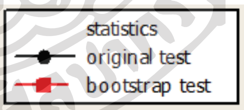


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)



(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)

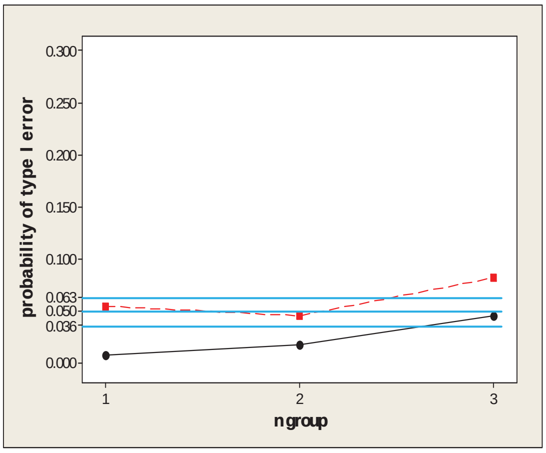




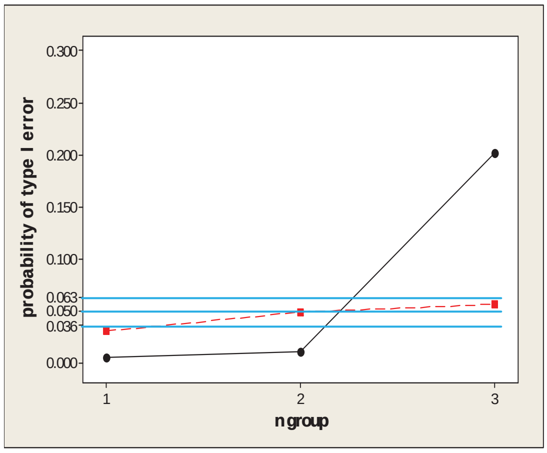
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)

ภาพที่ 4 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5

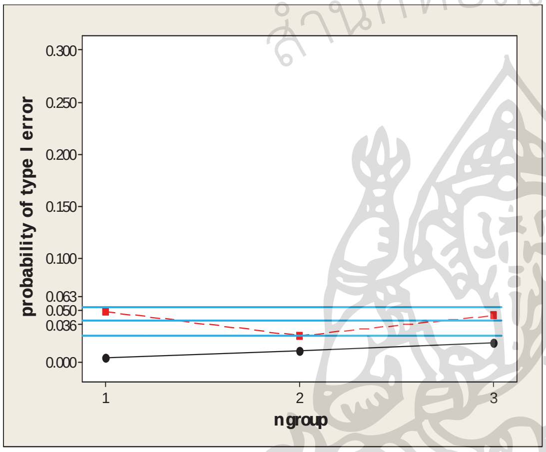
จากภาพที่ 4 พบว่าภายใต้ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 ตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 และ S_5 ค่อนข้างควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เกือบทุกขนาดตัวอย่าง ยกเว้นตัวอย่างขนาด 20 ตัวสถิติทดสอบ S_2 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เพียงตัวอย่างขนาดเดียว คือ ตัวอย่างขนาด 20 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อตัวอย่างมีขนาด 50 ตัวสถิติทดสอบที่เหลือ คือตัวสถิติทดสอบ S_3 Sb_1 Sb_3 Sb_4 และ Sb_5 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เลย เนื่องจากตัวสถิติทดสอบ S_3 ให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำเกินไป ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 ให้ค่าประมาณสูงเกินไป ส่วนตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ถึงแม้ว่าจะให้ค่าประมาณใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญ แต่ก็ยังไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เลย



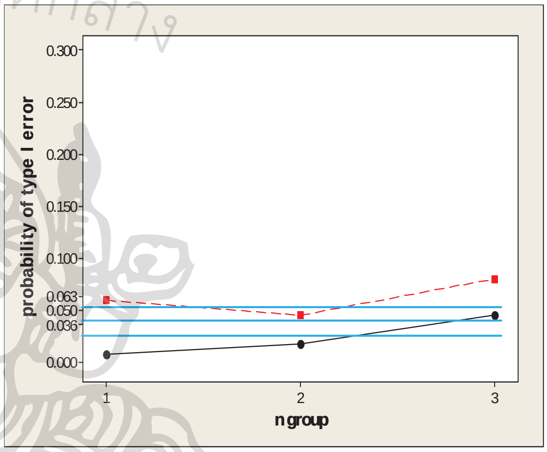
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



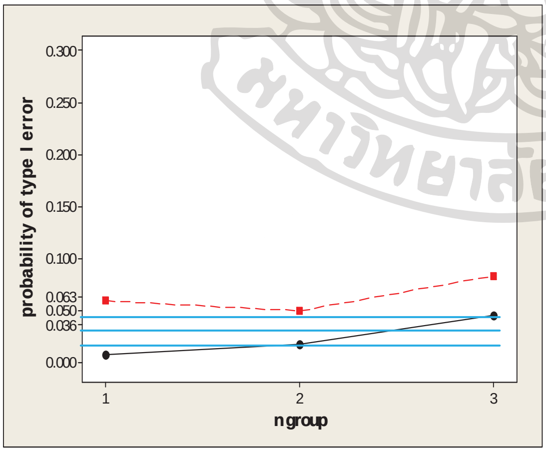
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

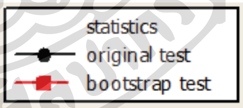


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)



(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)

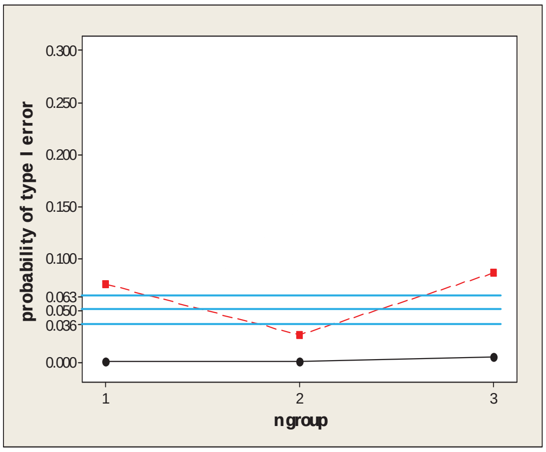




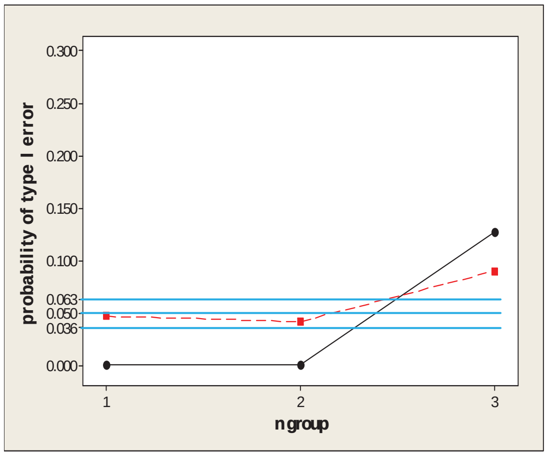
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)

ภาพที่ 5 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7

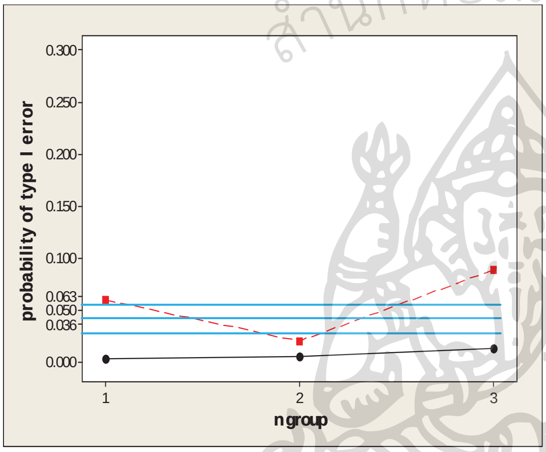
จากภาพที่ 5 พบว่าภายใต้ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 ตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 และ S_5 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 50 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งตัวอย่างขนาด 20 และ 50 ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากับ 10 และ 20 ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 10 และ 50 ส่วนตัวสถิติทดสอบ S_2 และ S_3 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เลย



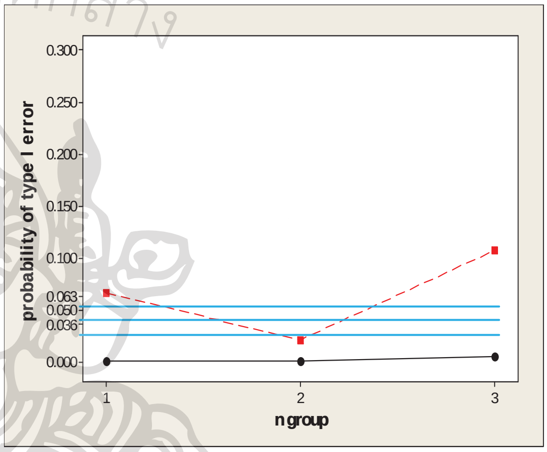
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



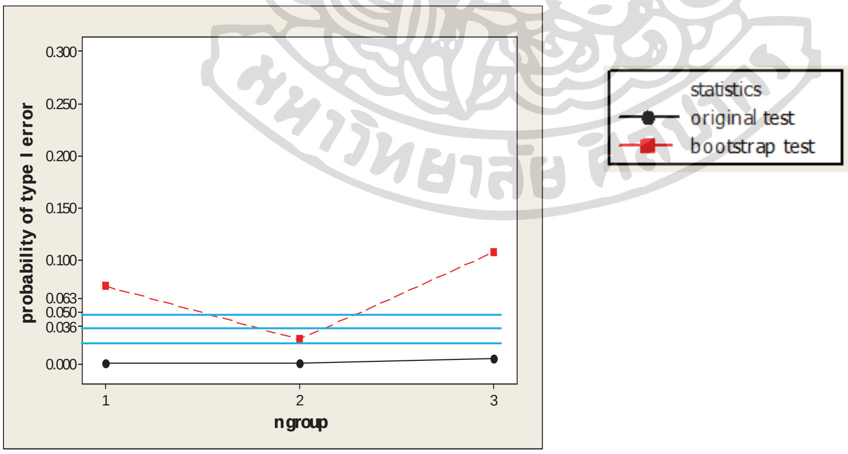
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)



(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)



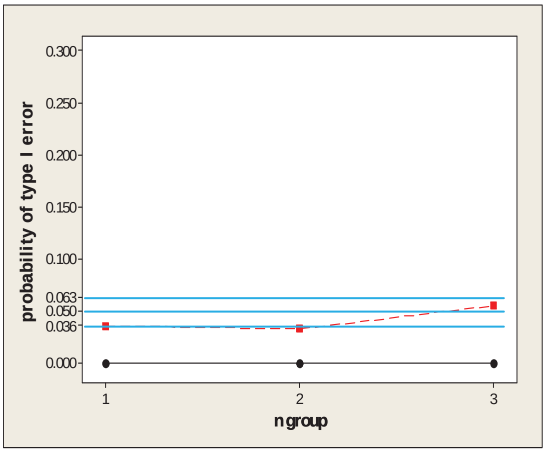
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)



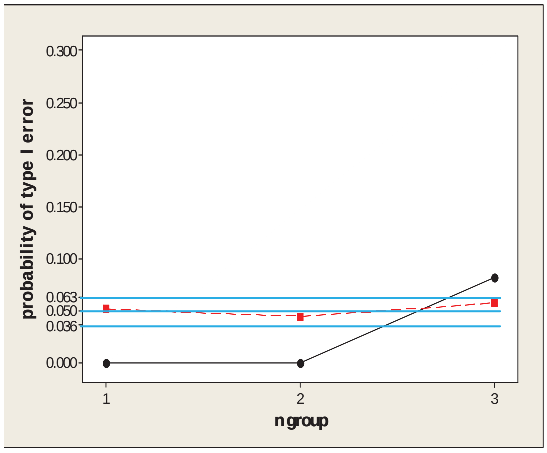
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)

ภาพที่ 6 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 9

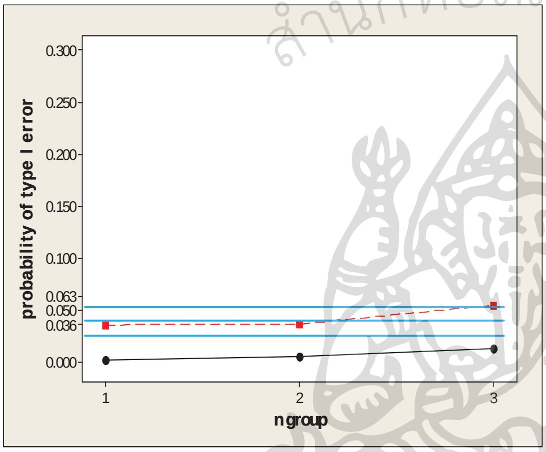
จากภาพที่ 6 พบว่าภายใต้ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 9 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ตัวอย่างขนาดเท่ากับ 10 และ 20 ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 10 ส่วนตัวสถิติทดสอบที่เหลือ คือตัวสถิติทดสอบ S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 ไม่สามารถควบคุมได้เลยเนื่องจากตัวสถิติทดสอบ S_1 S_2 S_3 S_4 และ S_5 ส่วนใหญ่ให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำเกินไป (เข้าใกล้ค่า 0) ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 ถึงแม้ว่าจะให้ค่าประมาณใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด แต่ก็ยังไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้



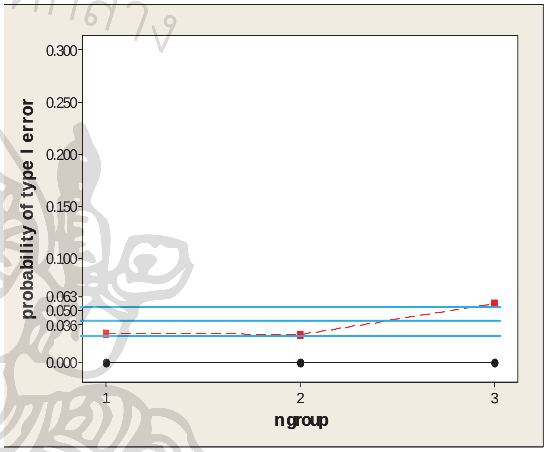
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



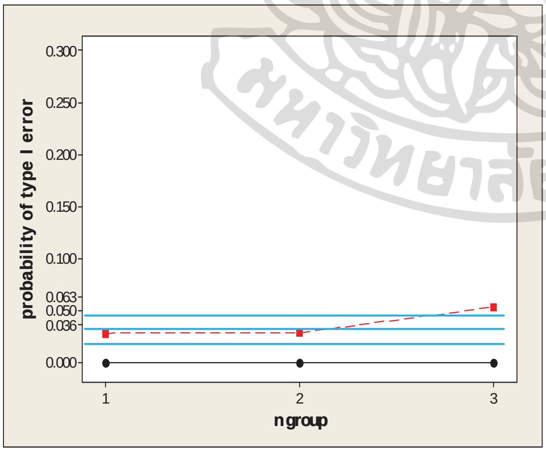
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

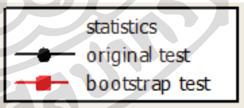


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)



(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)

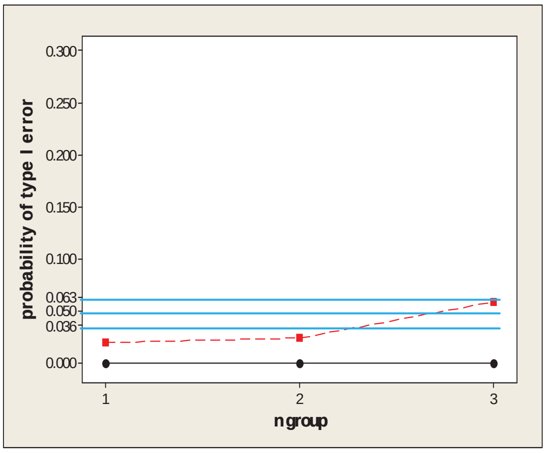




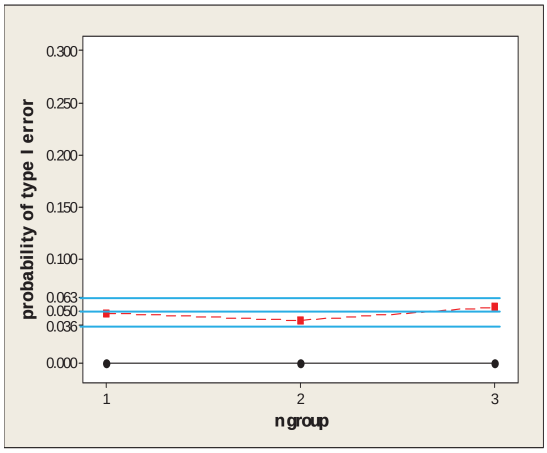
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)

ภาพที่ 7 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 11

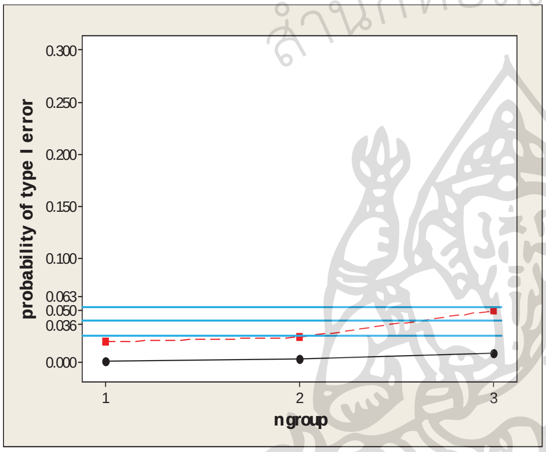
จากภาพที่ 7 พบว่าภายใต้ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 11 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 และ Sb_3 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อตัวอย่างมีขนาด 10 และ 50 ตัวสถิติทดสอบ Sb_4 และ Sb_5 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 50 ส่วนตัวสถิติทดสอบ S_1 S_2 S_3 S_4 และ S_5 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เลย เนื่องจากส่วนใหญ่ให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำเกินไป (เข้าใกล้ค่า 0)



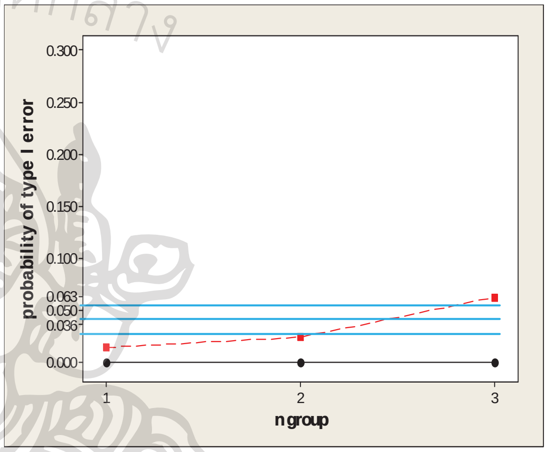
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



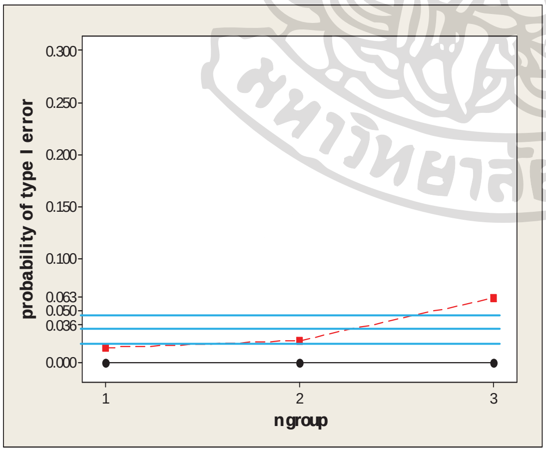
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

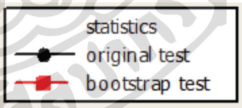


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)



(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)

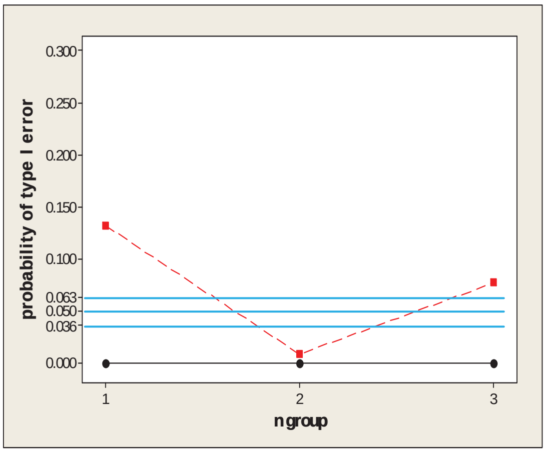




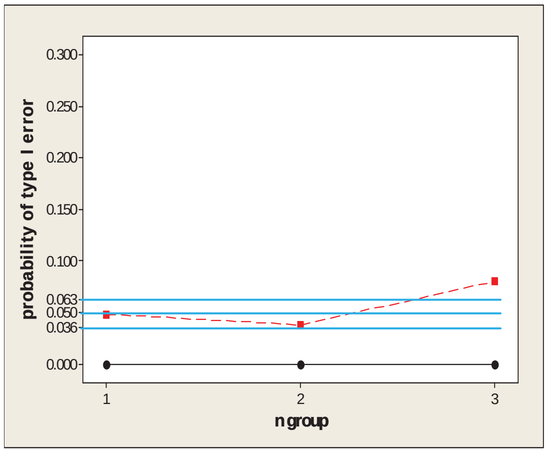
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)

ภาพที่ 8 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 13

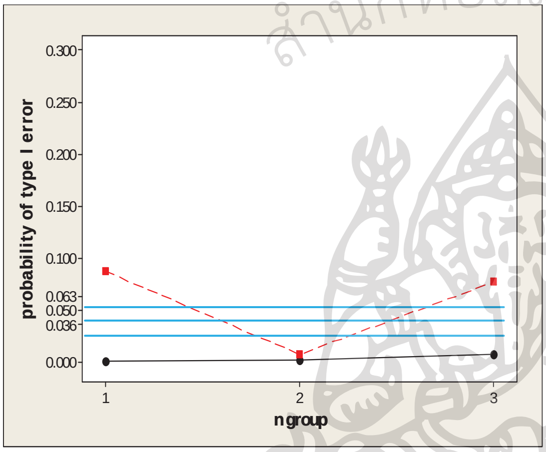
จากภาพที่ 8 พบว่าภายใต้ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 13 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_3 Sb_4 และ Sb_5 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อตัวอย่างมีขนาดเท่ากับ 50 เท่านั้น ส่วนตัวสถิติทดสอบ S_1 S_2 S_3 S_4 และ S_5 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เลย เนื่องจากค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำเกินไป (เข้าใกล้ค่า 0)



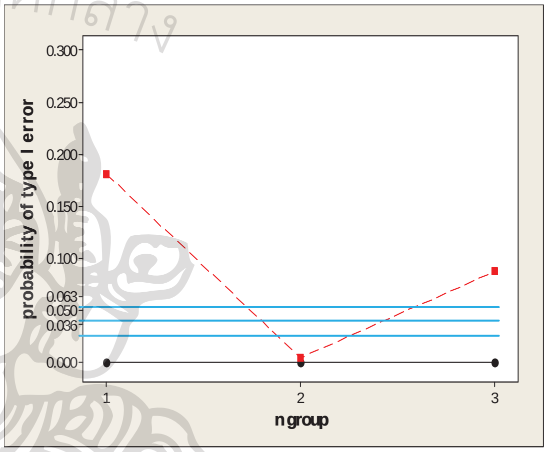
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



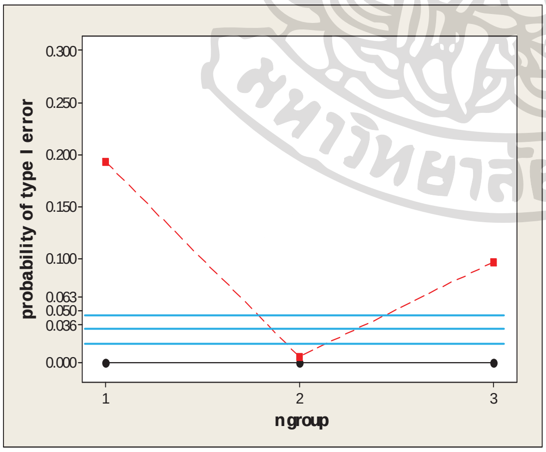
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

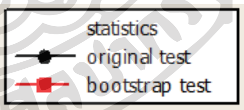


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)



(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)

ภาพที่ 9 ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อจำลองข้อมูลจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 15

จากภาพที่ 9 พบว่าภายใต้ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 15 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 20 ส่วนตัวสถิติทดสอบที่เหลือ คือตัวสถิติทดสอบ S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 Sb_1 Sb_3 Sb_4 และ Sb_5 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เลย เนื่องจากตัวสถิติทดสอบ S_1 S_2 S_3 S_4 และ S_5 ให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต่ำไปมาก และตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_3 Sb_4 และ Sb_5 ให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 แตกต่างจากระดับนัยสำคัญที่กำหนดมาก

ผลการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ทุกขนาดตัวอย่าง สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยของแต่ละตัวสถิติทดสอบได้ดังนี้

1. ตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 และ S_5 ส่วนใหญ่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงมีค่าน้อยๆ ($\mu \leq 7$) โดยเฉพาะกับตัวอย่างขนาดเล็ก และใหญ่
2. ตัวสถิติทดสอบ S_2 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ยกเว้นเมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 สำหรับตัวอย่างขนาดกลาง
3. ตัวสถิติทดสอบ S_3 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เลย
4. ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงมีค่าเท่ากับ 5 เมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงเพิ่มขึ้น ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มากขึ้น
5. ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงมีค่าเท่ากับ 5 แต่เมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงเพิ่มขึ้น ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ส่วนใหญ่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มากสำหรับทุกขนาด

6. ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงมีค่าเท่ากับ 5 แต่เมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงเพิ่มขึ้น ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ส่วนใหญ่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดี

การเปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบ

ในการเปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของแต่ละตัวสถิติทดสอบเมื่อข้อมูลมีพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันออกไปนั้น แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 เปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบ เพื่อศึกษาว่าการนำวิธีบูทสแตรปมาประยุกต์กับตัวสถิติทดสอบจะมีผลทำให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบมีค่าสูงขึ้นหรือไม่

กรณีที่ 2 เปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น เพื่อศึกษาว่าตัวสถิติทดสอบใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด

กรณีที่ 1 เปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบ

ตารางที่ 5 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 สำหรับตัวอย่างขนาด 10 20 และ 50

	Original					Bootstrap				
p	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	0.9944	0.9263	0.8450	0.9944	0.9954	0.9985	0.9490	0.9303	0.9985	0.9985
0.6	0.9812	0.8826	0.6960	0.9812	0.9855	0.9921	0.9156	0.8389	0.9927	0.9927
0.7	0.9459	0.8033	0.4811	0.9459	0.9569	0.9742	0.8527	0.6810	0.9755	0.9755
0.8	0.8499	0.6528	0.2778	0.8499	0.8707	0.9079	0.7284	0.4853	0.9126	0.9127
0.9	0.5824	0.3855	0.0974	0.5824	0.6129	0.6810	0.4817	0.2536	0.6993	0.6993
1.0	0.0550	0.0286	0.0109	0.0550	0.0607	0.1210	0.0818	0.0674	0.1648	0.1773

(a) n = 10

	Original					Bootstrap				
p	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	0.9936	0.9827	1.0000	1.0000	1.0000	0.9939	0.9872	1.0000	1.0000
0.6	1.0000	0.9808	0.9253	1.0000	1.0000	1.0000	0.9818	0.9431	1.0000	1.0000
0.7	0.9964	0.9459	0.7752	0.9964	0.9969	0.9995	0.9480	0.7975	0.9994	0.9994
0.8	0.9654	0.8512	0.4850	0.9654	0.9695	0.9878	0.8564	0.5482	0.9879	0.9879
0.9	0.7790	0.5853	0.1804	0.7790	0.8011	0.8903	0.6008	0.2297	0.8916	0.8917
1.0	0.0753	0.0432	0.0178	0.0753	0.0848	0.1445	0.0742	0.0293	0.1427	0.1489

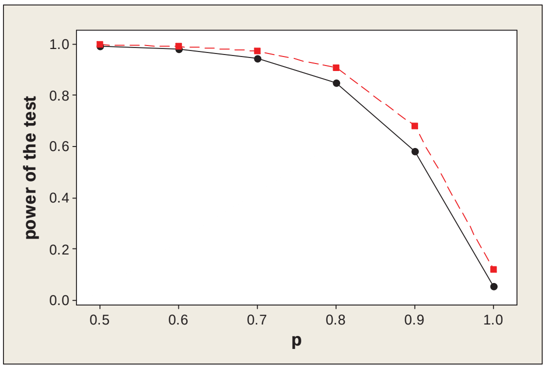
(b) n = 20

	Original					Bootstrap				
p	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	0.9998	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9998	1.0000	1.0000	1.0000
0.6	1.0000	0.9999	0.9995	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9995	1.0000	1.0000
0.7	1.0000	0.9982	0.9834	1.0000	1.0000	1.0000	0.9966	0.9834	1.0000	1.0000
0.8	1.0000	0.9830	0.8371	1.0000	1.0000	1.0000	0.9675	0.8371	1.0000	1.0000
0.9	0.9650	0.8323	0.3776	0.9650	0.9664	0.9885	0.7334	0.3975	0.9946	0.9946
1.0	0.0474	0.2899	0.0247	0.0474	0.0495	0.2434	0.0519	0.0247	0.2965	0.2965

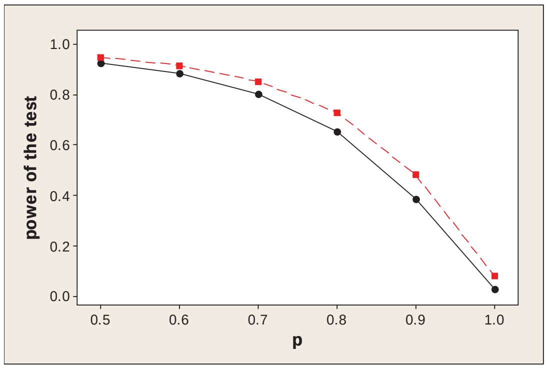
(c) n = 50

จากตารางที่ 5 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบค่อนข้างสูง และค่าประมาณของกำลังการทดสอบจะค่อยๆ ลดลง เมื่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจสูงขึ้น สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง หากพิจารณาที่แต่ละตัวสถิติทดสอบจะพบว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_1 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_1 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_2 ยกเว้นเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ตัวสถิติทดสอบ S_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_3 ตัวสถิติทดสอบ Sb_4 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_4 และตัวสถิติทดสอบ Sb_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_5

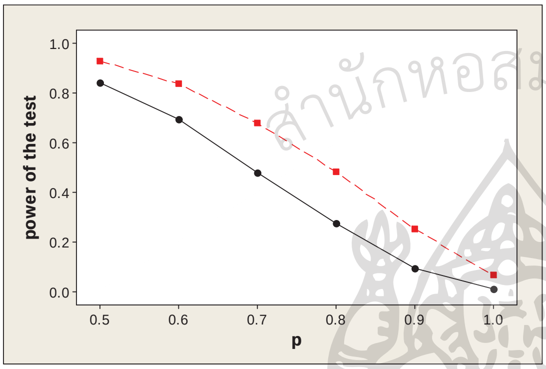
ค่าประมาณของกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 ในตารางที่ 5 สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 10 – 12 ตามลำดับ



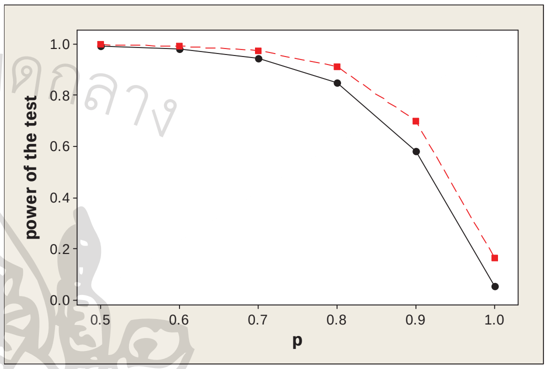
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



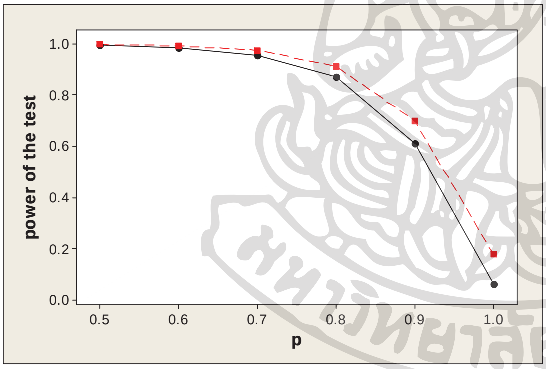
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

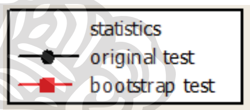


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

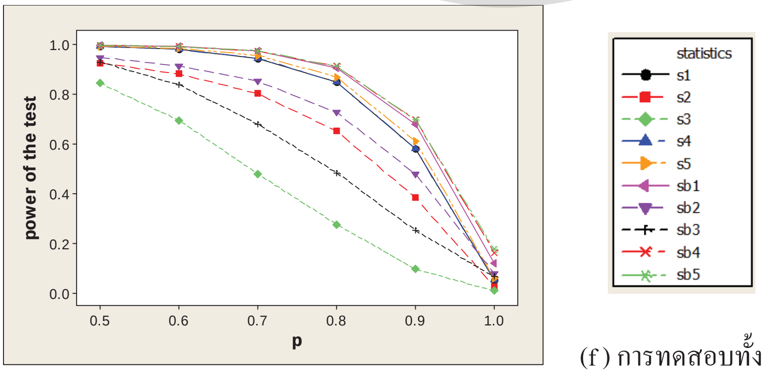


(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)



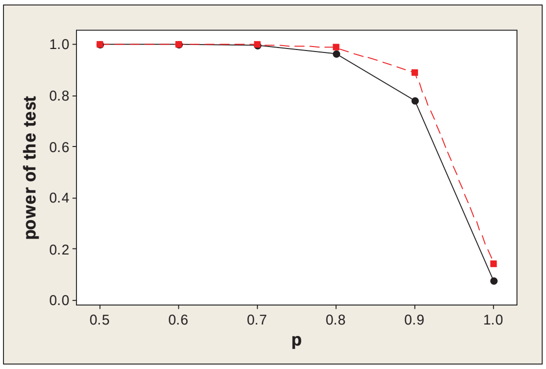


(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)

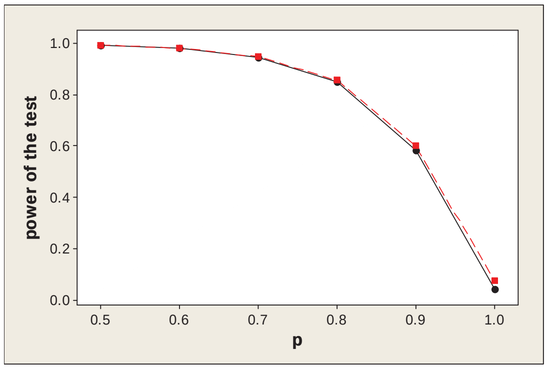


(f) การทดสอบทั้งหมด

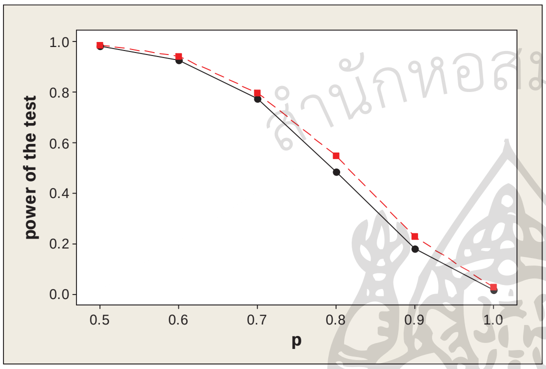
ภาพที่ 10 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10



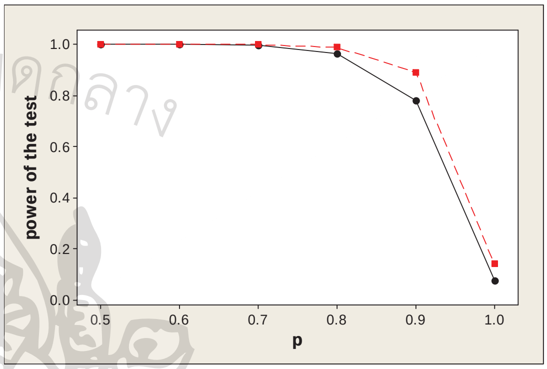
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



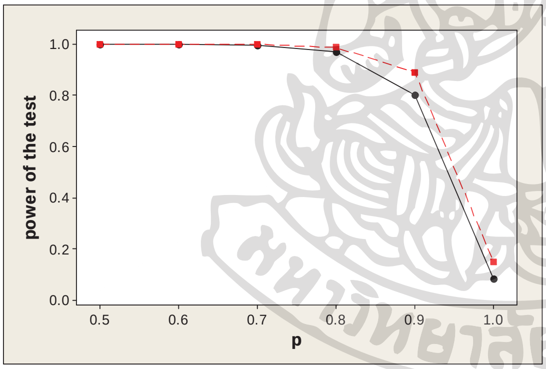
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

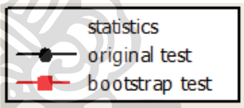


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

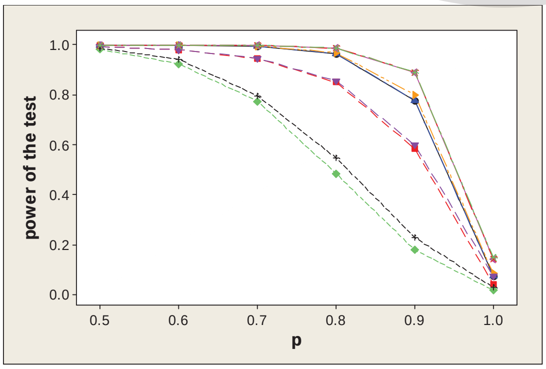


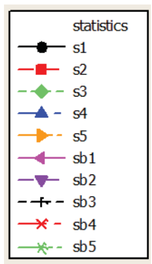
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





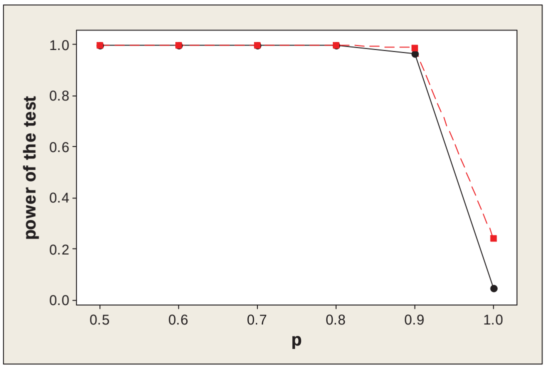
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)

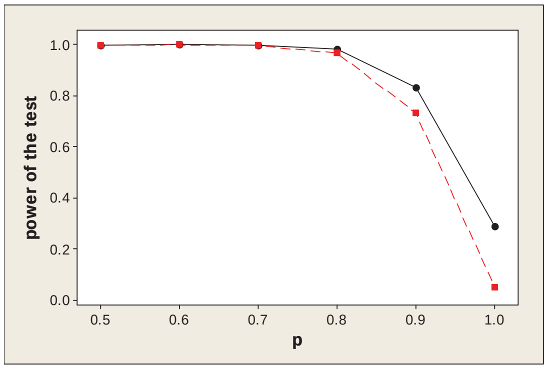




(f) การทดสอบทั้งหมด

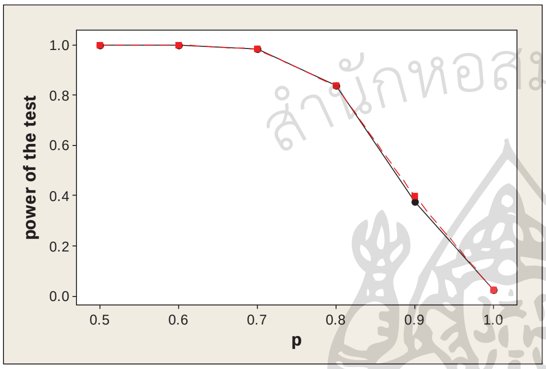
ภาพที่ 11 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20

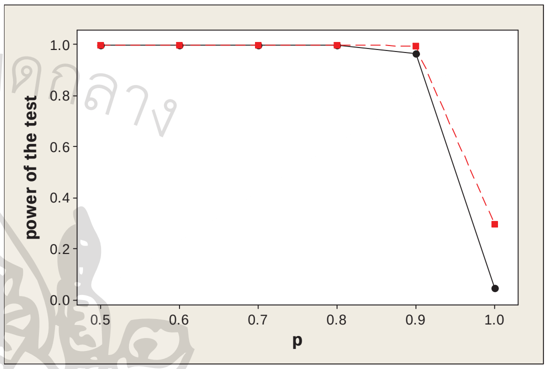




(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)

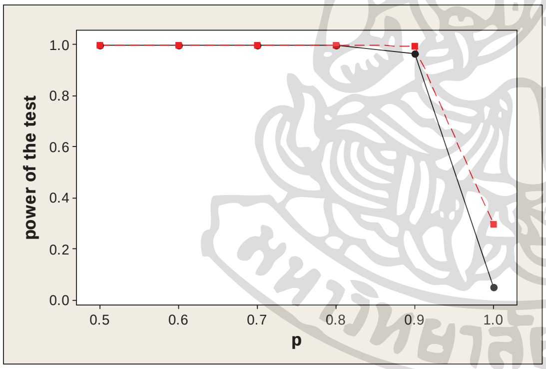
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

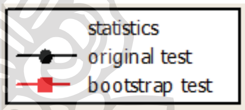




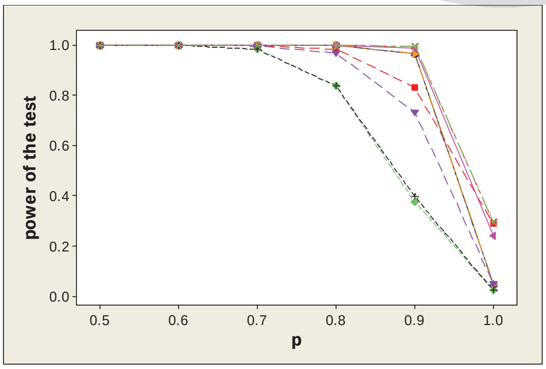
(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

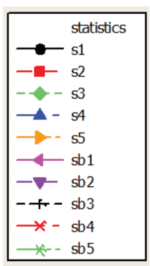
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)





(f) การทดสอบทั้งหมด

ภาพที่ 12 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50

ตารางที่ 6 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 สำหรับตัวอย่างขนาด 10 20 และ 50

p	Original					Bootstrap				
	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	0.9989	0.9860	0.8681	0.9989	0.9989	0.9989	0.9921	0.9496	0.9989	0.9989
0.6	0.9931	0.9626	0.7215	0.9931	0.9931	0.9933	0.9787	0.8667	0.9935	0.9935
0.7	0.9731	0.9183	0.5142	0.9731	0.9733	0.9752	0.9473	0.7269	0.9758	0.9760
0.8	0.8901	0.7876	0.2893	0.8901	0.8903	0.8971	0.8464	0.5492	0.8978	0.8978
0.9	0.6529	0.5236	0.0959	0.6529	0.6531	0.6735	0.6009	0.2624	0.6731	0.6724
1.0	0.0074	0.0052	0.0047	0.0074	0.0075	0.0549	0.0310	0.0489	0.0595	0.0595

(a) n = 10

p	Original					Bootstrap				
	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	0.9999	0.9903	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9946	1.0000	1.0000
0.6	0.9999	0.9987	0.9452	0.9999	0.9999	0.9999	0.9989	0.9693	0.9999	0.9999
0.7	0.9992	0.9935	0.8160	0.9992	0.9992	0.9992	0.9947	0.8719	0.9993	0.9992
0.8	0.9881	0.9511	0.5320	0.9881	0.9881	0.9882	0.9577	0.6286	0.9884	0.9884
0.9	0.8755	0.7547	0.1983	0.8755	0.8756	0.8798	0.7804	0.2997	0.8789	0.8789
1.0	0.0175	0.0112	0.0108	0.0175	0.0175	0.0454	0.0491	0.0257	0.0453	0.0498

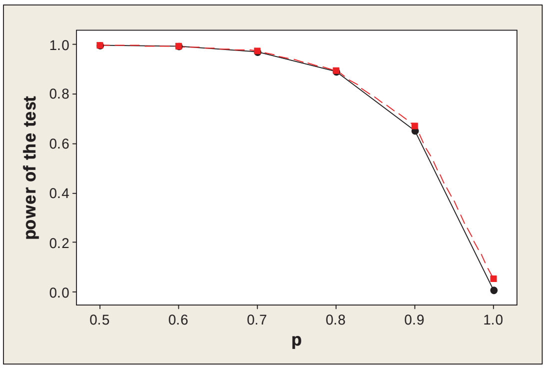
(b) n = 20

p	Original					Bootstrap				
	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.6	1.0000	1.0000	0.9998	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9998	1.0000	1.0000
0.7	1.0000	1.0000	0.9913	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9949	1.0000	1.0000
0.8	1.0000	0.9988	0.8899	1.0000	1.0000	1.0000	0.9985	0.9286	1.0000	1.0000
0.9	0.9953	0.9557	0.4419	0.9953	0.9953	0.9954	0.9384	0.5453	0.9955	0.9955
1.0	0.0456	0.2020	0.0192	0.0456	0.0456	0.0822	0.0566	0.0451	0.0804	0.0837

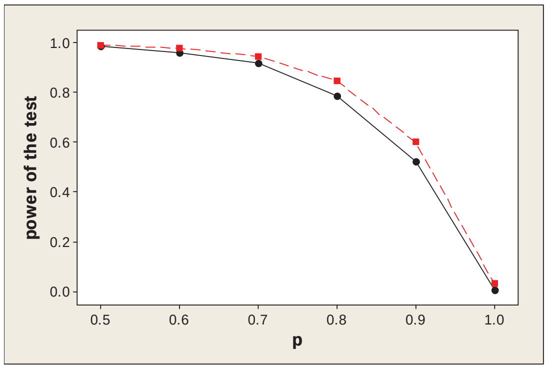
(c) n = 50

จากตารางที่ 6 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบค่อนข้างสูง และค่าประมาณของกำลังการทดสอบจะค่อยๆ ลดลง เมื่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจสูงขึ้น สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง หากพิจารณาที่แต่ละตัวสถิติทดสอบจะพบว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_1 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_1 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_2 ยกเว้นเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ตัวสถิติทดสอบ S_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_3 ตัวสถิติทดสอบ Sb_4 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_4 และตัวสถิติทดสอบ Sb_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_5

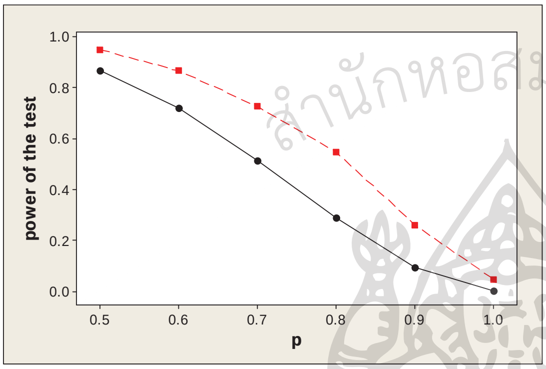
ค่าประมาณของกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 ในตารางที่ 6 สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 13 – 15 ตามลำดับ



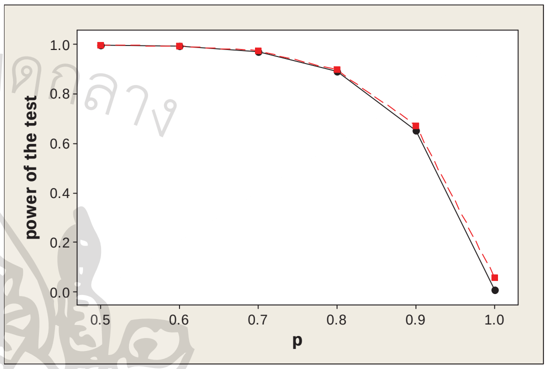
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



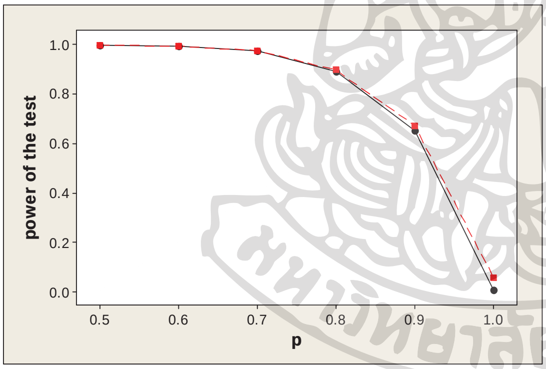
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

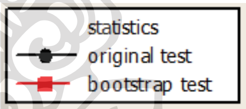


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

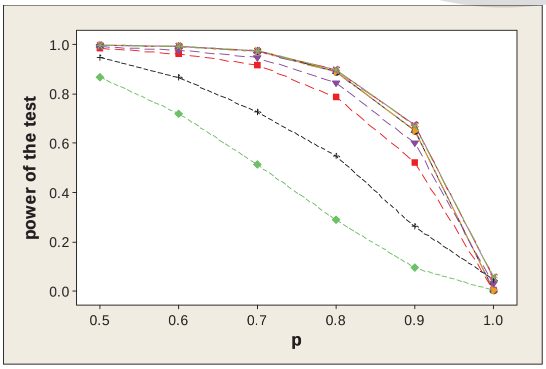


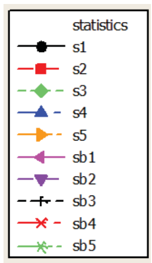
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





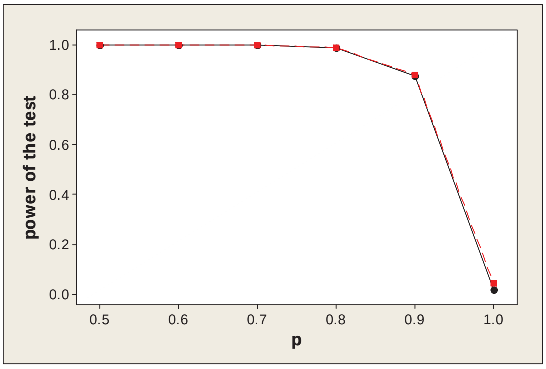
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)



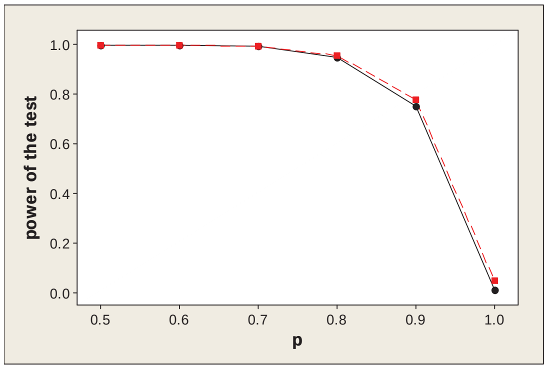


(f) การทดสอบทั้งหมด

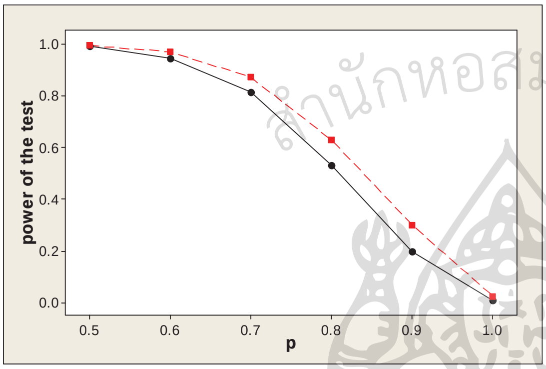
ภาพที่ 13 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10



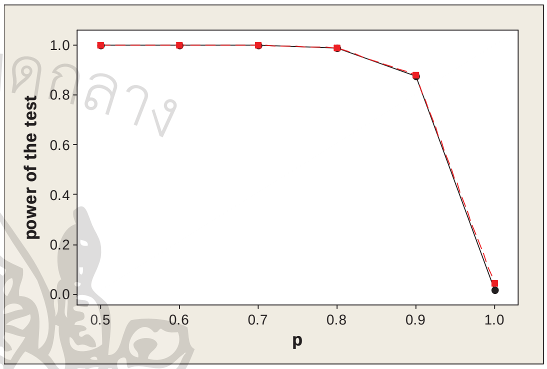
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



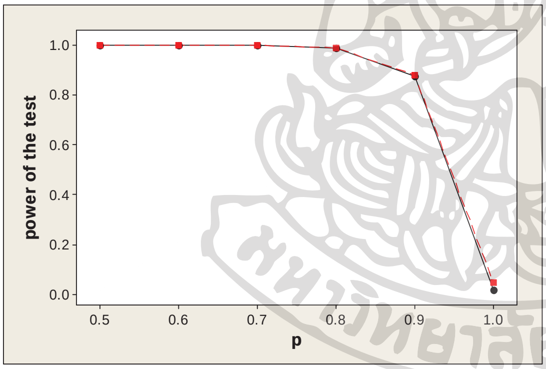
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

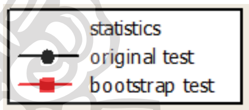


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

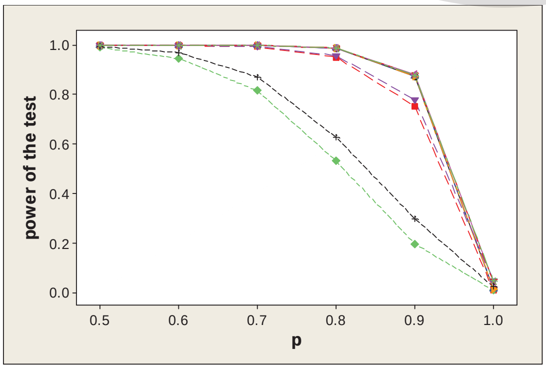


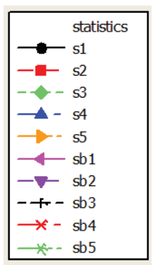
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





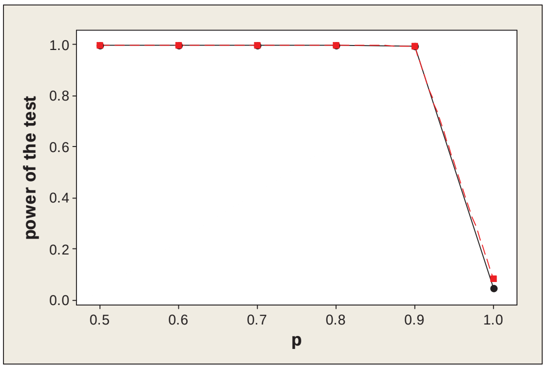
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)



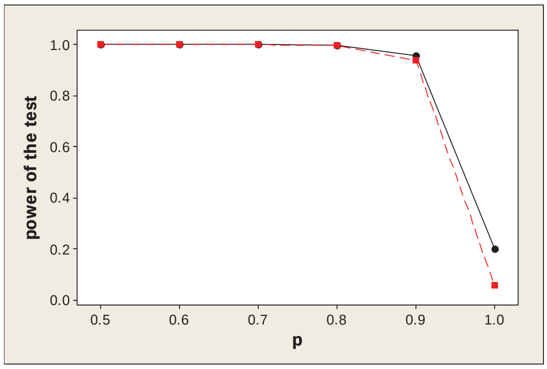


(f) การทดสอบทั้งหมด

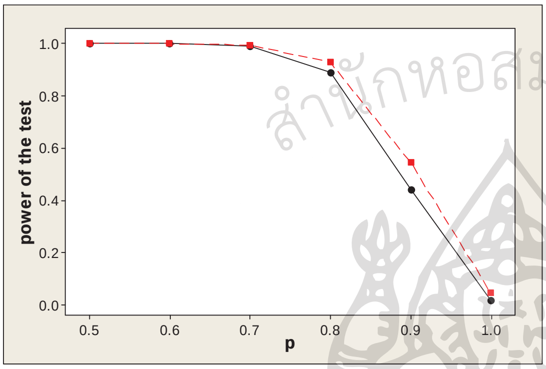
ภาพที่ 14 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20



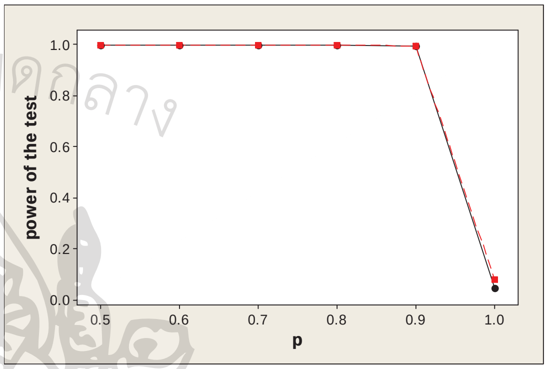
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



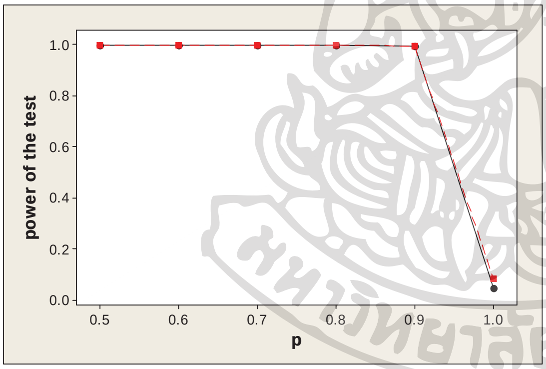
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

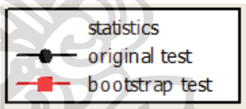


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

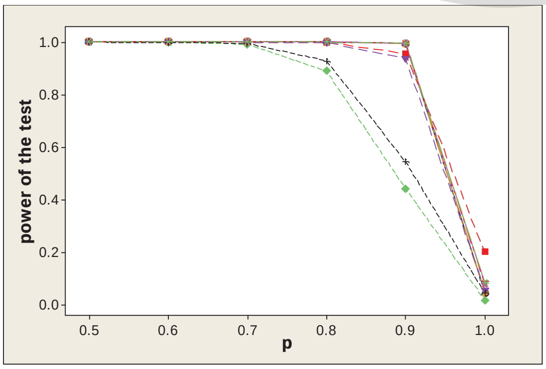


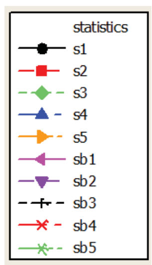
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)





(f) การทดสอบทั้งหมด

ภาพที่ 15 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50

ตารางที่ 7 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 9 สำหรับตัวอย่างขนาด 10 20 และ 50

	Original					Bootstrap				
p	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	0.9989	0.9965	0.8967	0.9989	0.9989	0.9989	0.9980	0.9682	0.9989	0.9989
0.6	0.9931	0.9871	0.7609	0.9931	0.9931	0.9934	0.9911	0.9190	0.9935	0.9933
0.7	0.9733	0.9590	0.5596	0.9733	0.9733	0.9751	0.9668	0.7867	0.9763	0.9763
0.8	0.8894	0.8585	0.3211	0.8894	0.8894	0.8967	0.8765	0.5891	0.8978	0.8965
0.9	0.6472	0.6042	0.1065	0.6472	0.6472	0.6675	0.6449	0.3219	0.6719	0.6719
1.0	0.0014	0.0014	0.0037	0.0014	0.0014	0.0754	0.0474	0.0599	0.0667	0.0751

(a) n = 10

	Original					Bootstrap				
p	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	1.0000	0.9937	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9970	1.0000	1.0000
0.6	1.0000	0.9999	0.9627	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9825	1.0000	1.0000
0.7	0.9999	0.9984	0.8357	0.9999	0.9999	0.9999	0.9987	0.8950	0.9999	0.9999
0.8	0.9880	0.9772	0.5616	0.9880	0.9880	0.9881	0.9824	0.6762	0.9882	0.9882
0.9	0.8800	0.8319	0.2019	0.8800	0.8800	0.8821	0.8565	0.3282	0.8820	0.8820
1.0	0.0015	0.0010	0.0055	0.0015	0.0015	0.0268	0.0422	0.0203	0.0215	0.0239

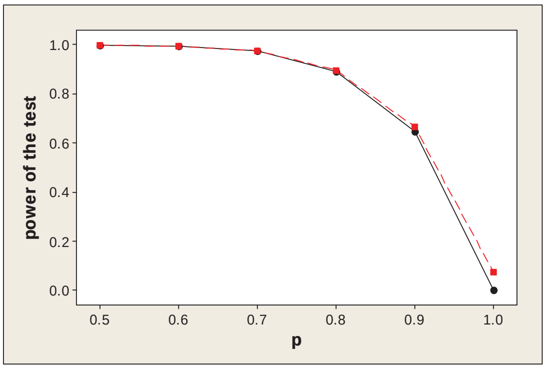
(b) n = 20

	Original					Bootstrap				
p	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.6	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.7	1.0000	1.0000	0.9953	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9988	1.0000	1.0000
0.8	1.0000	0.9998	0.9192	1.0000	1.0000	1.0000	0.9998	0.9730	1.0000	1.0000
0.9	0.9946	0.9830	0.4833	0.9946	0.9946	0.9953	0.9820	0.7071	0.9952	0.9954
1.0	0.0056	0.1272	0.0131	0.0056	0.0056	0.0861	0.0904	0.0889	0.1077	0.1077

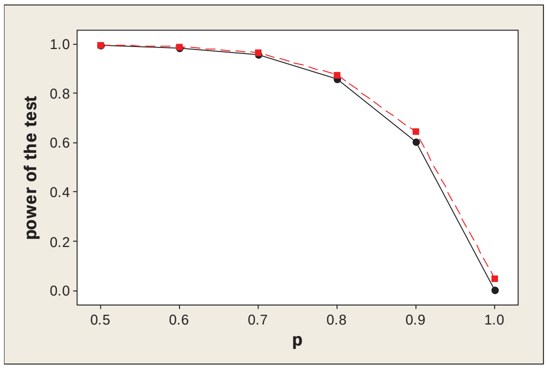
(c) n = 50

จากตารางที่ 7 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 9 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบสูงมาก และค่าประมาณของกำลังการทดสอบจะค่อยๆ ลดลง เมื่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจสูงขึ้น สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง หากพิจารณาที่แต่ละตัวสถิติทดสอบจะพบว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_1 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_1 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_2 ยกเว้นเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ตัวสถิติทดสอบ S_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_3 ตัวสถิติทดสอบ Sb_4 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_4 และตัวสถิติทดสอบ Sb_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_5

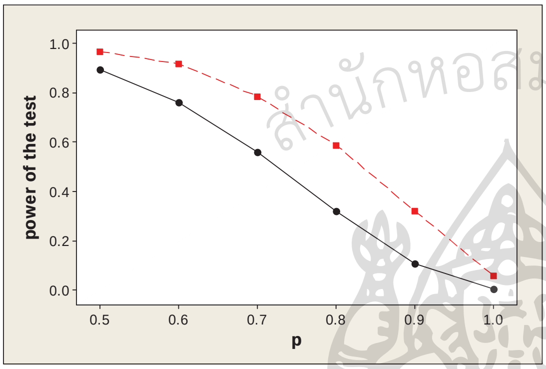
ค่าประมาณของกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 9 ในตารางที่ 7 สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 16 – 18 ตามลำดับ



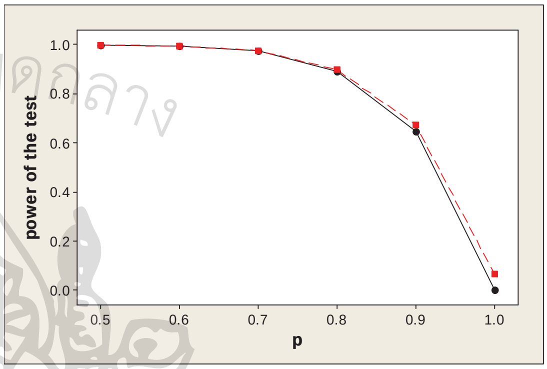
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



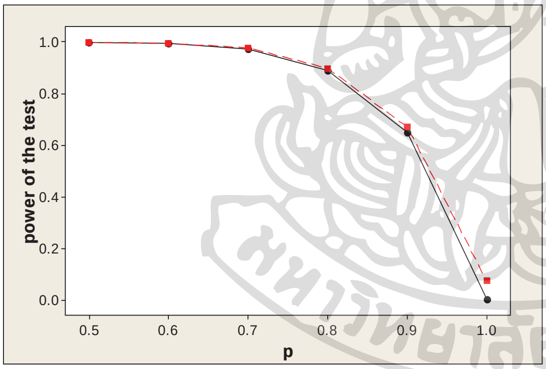
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

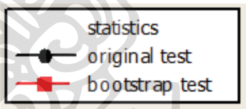


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

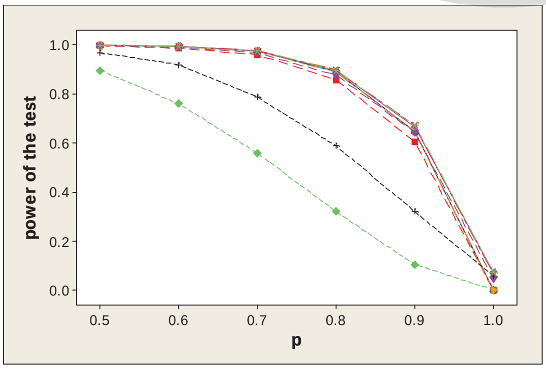


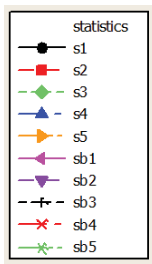
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





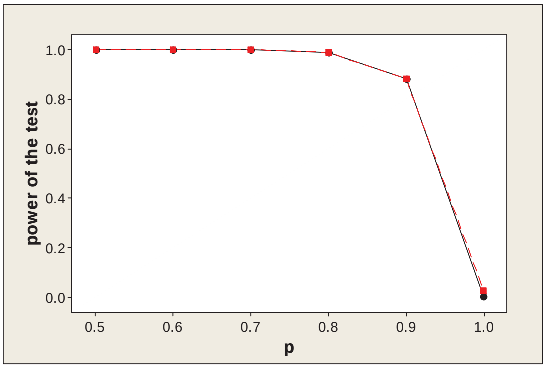
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)



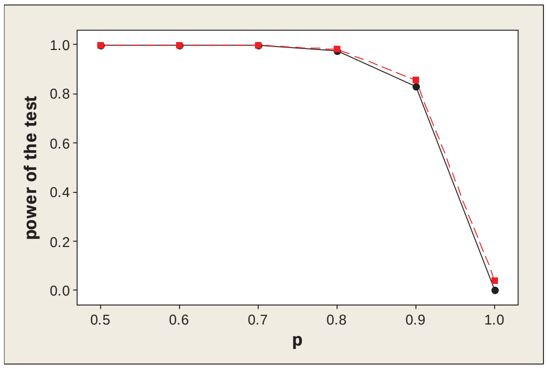


(f) การทดสอบทั้งหมด

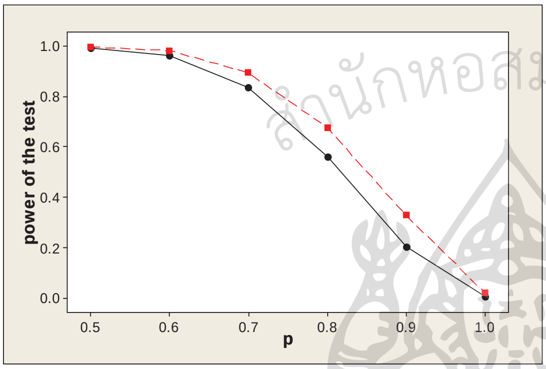
ภาพที่ 16 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 9 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10



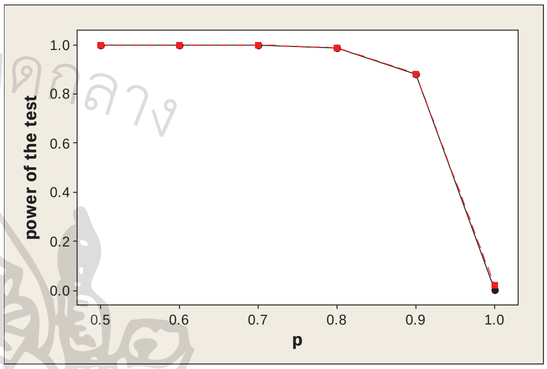
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



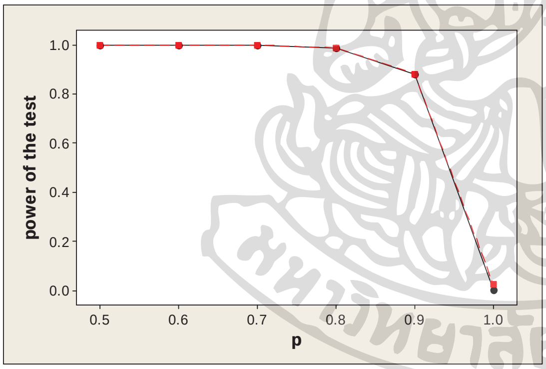
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

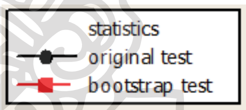


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

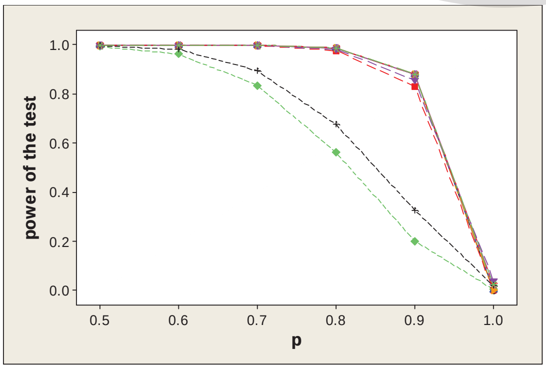


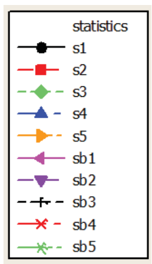
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





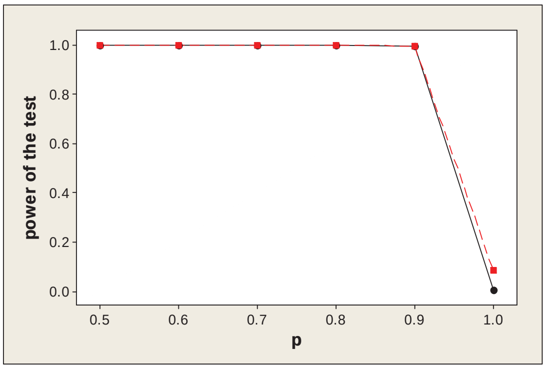
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)



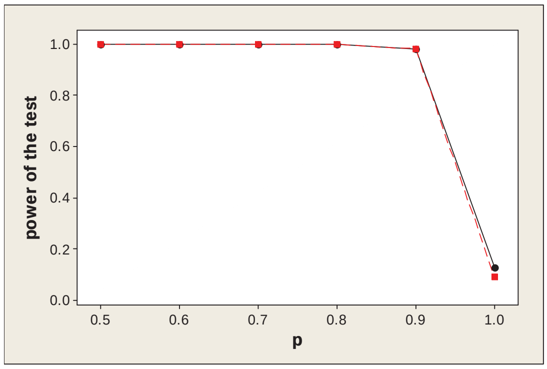


(f) การทดสอบทั้งหมด

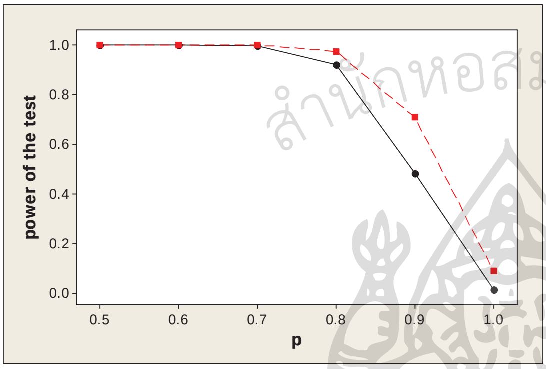
ภาพที่ 17 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 9 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20



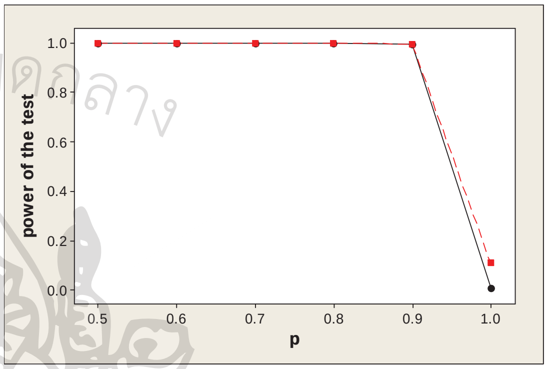
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



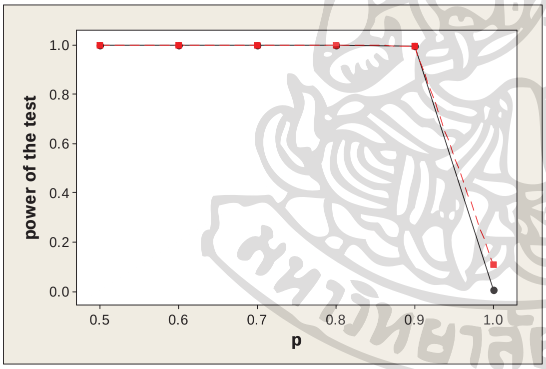
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

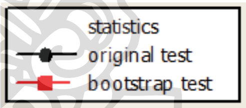


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

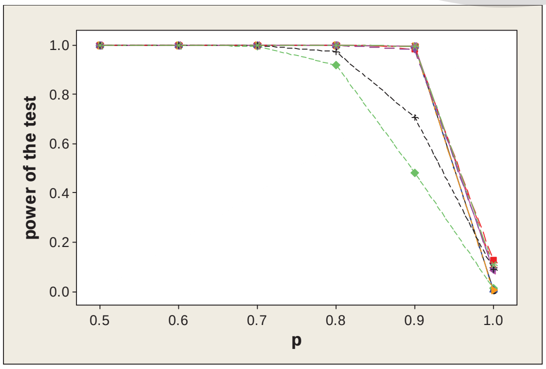


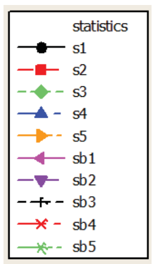
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)





(f) การทดสอบทั้งหมด

ภาพที่ 18 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 9 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50

ตารางที่ 8 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 11 สำหรับตัวอย่างขนาด 10 20 และ 50

p	Original					Bootstrap				
	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	0.9986	0.9983	0.9070	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9696	0.9986	0.9986
0.6	0.9935	0.9916	0.7742	0.9935	0.9935	0.9939	0.9929	0.9081	0.9937	0.9937
0.7	0.9741	0.9694	0.5746	0.9741	0.9741	0.9750	0.9724	0.7835	0.9754	0.9755
0.8	0.8898	0.8795	0.3251	0.8898	0.8898	0.8929	0.8874	0.5489	0.8927	0.8927
0.9	0.6520	0.6365	0.1037	0.6520	0.6520	0.6597	0.6528	0.2930	0.6632	0.6622
1.0	0.0000	0.0000	0.0020	0.0000	0.0000	0.0360	0.0518	0.0360	0.0280	0.0283

(a) n = 10

p	Original					Bootstrap				
	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	1.0000	0.9959	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9987	1.0000	1.0000
0.6	1.0000	1.0000	0.9727	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9900	1.0000	1.0000
0.7	0.9991	0.9990	0.8719	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9358	0.9991	0.9991
0.8	0.9876	0.9850	0.5997	0.9876	0.9876	0.9881	0.9867	0.7493	0.9881	0.9881
0.9	0.8788	0.8641	0.2261	0.8788	0.8788	0.8826	0.8769	0.4130	0.8822	0.8826
1.0	0.0003	0.0003	0.0051	0.0003	0.0003	0.0329	0.0448	0.0370	0.0269	0.0288

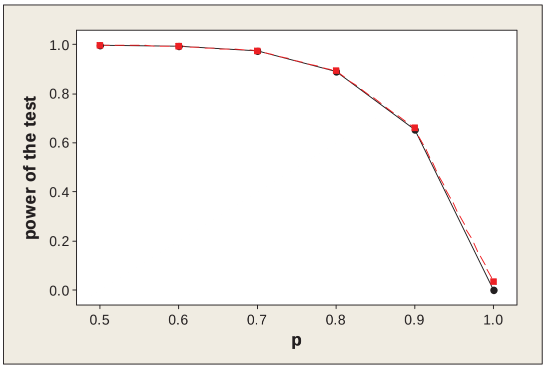
(b) n = 20

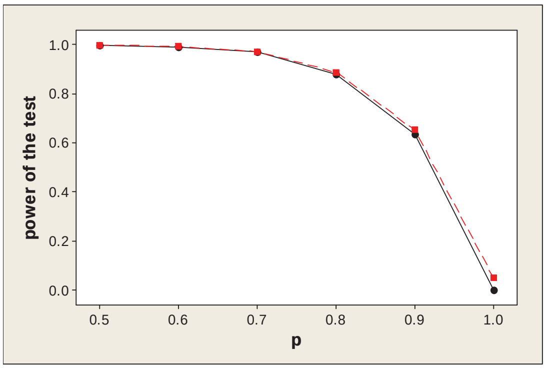
p	Original					Bootstrap				
	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.6	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.7	1.0000	1.0000	0.9979	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9995	1.0000	1.0000
0.8	1.0000	1.0000	0.9398	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9754	1.0000	1.0000
0.9	0.9954	0.9927	0.5191	0.9954	0.9954	0.9959	0.9925	0.7023	0.9958	0.9958
1.0	0.0005	0.0819	0.0137	0.0005	0.0005	0.0552	0.0575	0.0548	0.0563	0.0535

(c) n = 50

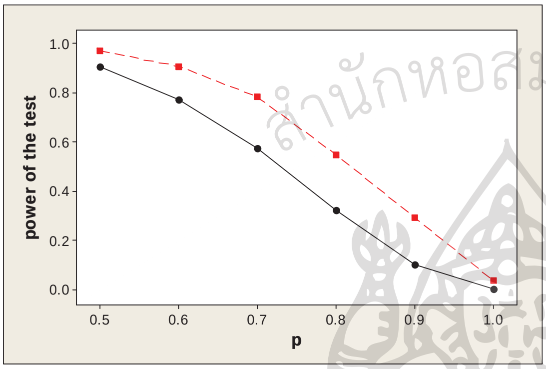
จากตารางที่ 8 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 11 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบสูงมาก และค่าประมาณของกำลังการทดสอบจะค่อยๆ ลดลง เมื่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจสูงขึ้น สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง หากพิจารณาที่แต่ละตัวสถิติทดสอบจะพบว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_1 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_1 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_2 ยกเว้นเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ตัวสถิติทดสอบ S_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_3 ตัวสถิติทดสอบ Sb_4 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_4 และตัวสถิติทดสอบ Sb_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_5

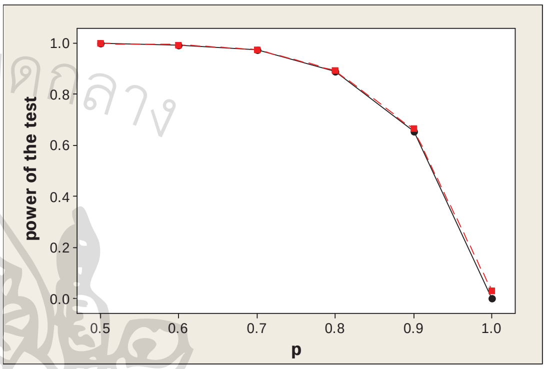
ค่าประมาณของกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 11 ในตารางที่ 8 สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 19 – 21 ตามลำดับ



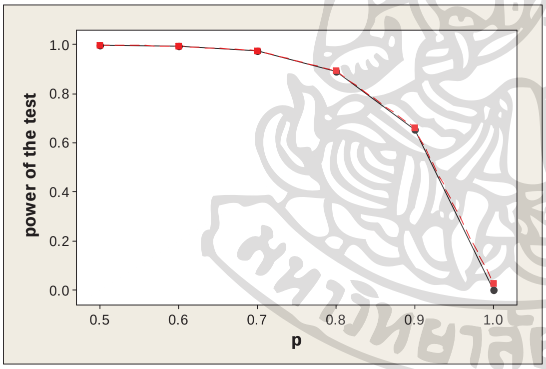


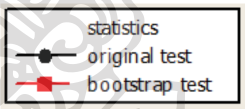
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1) (b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)



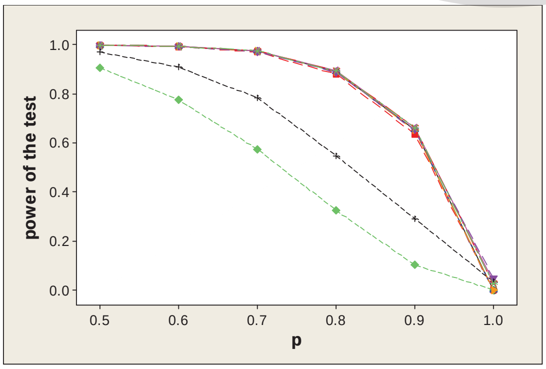


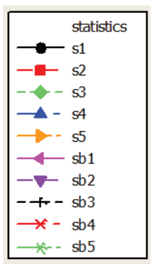
(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3) (d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





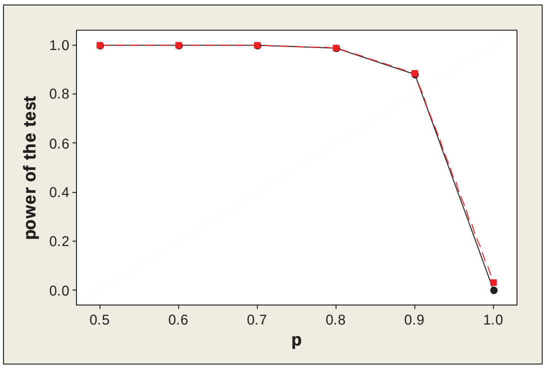
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)



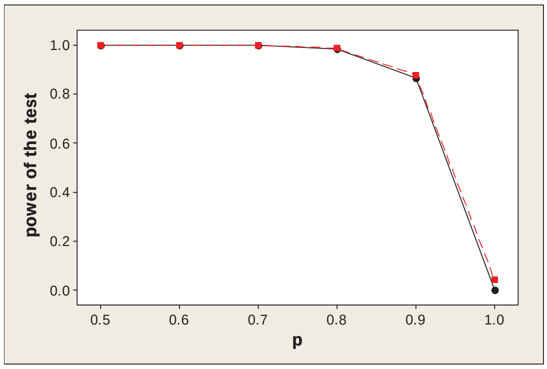


(f) การทดสอบทั้งหมด

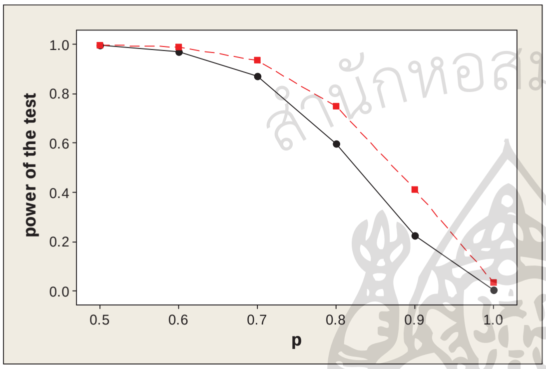
ภาพที่ 19 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 11 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10



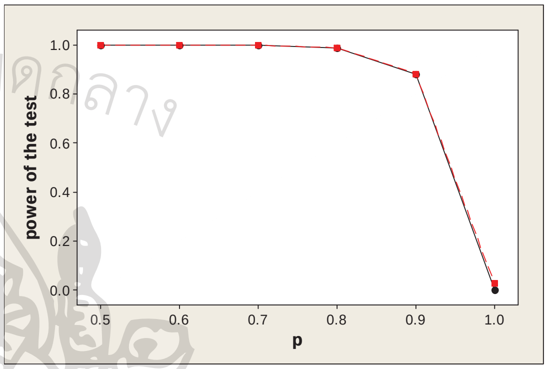
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



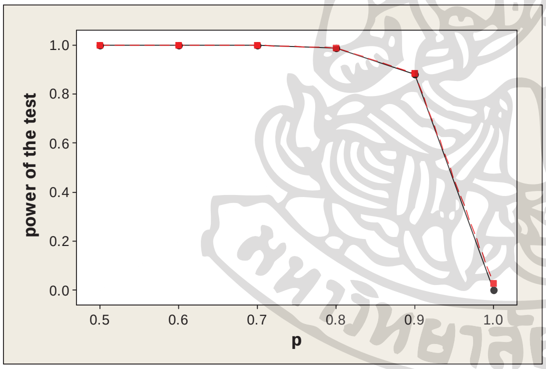
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

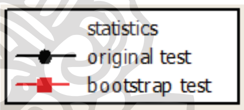


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

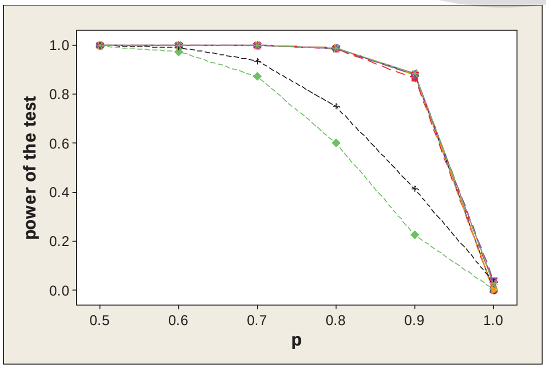


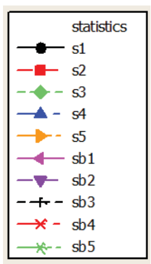
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





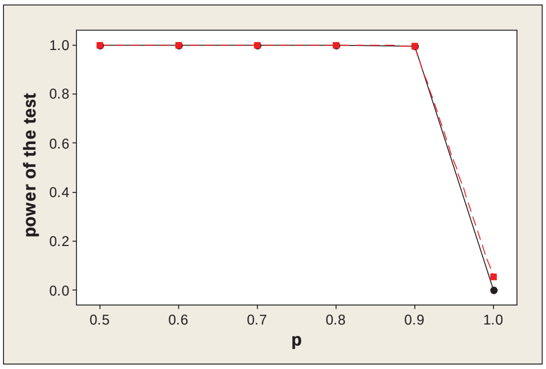
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)



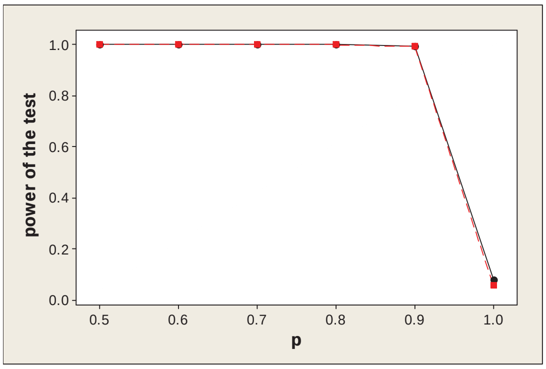


(f) การทดสอบทั้งหมด

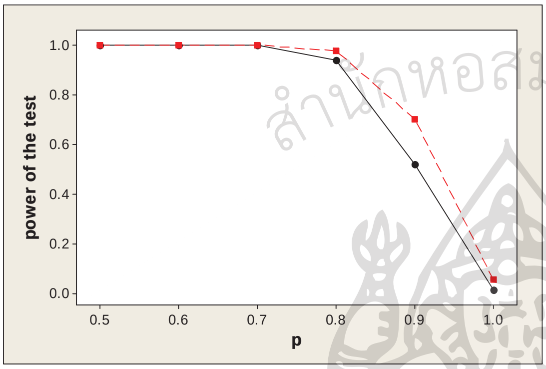
ภาพที่ 20 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 11 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20



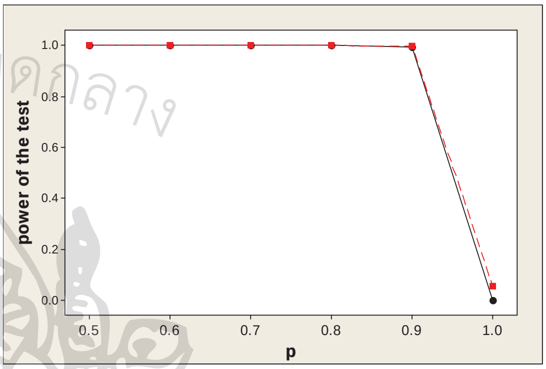
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



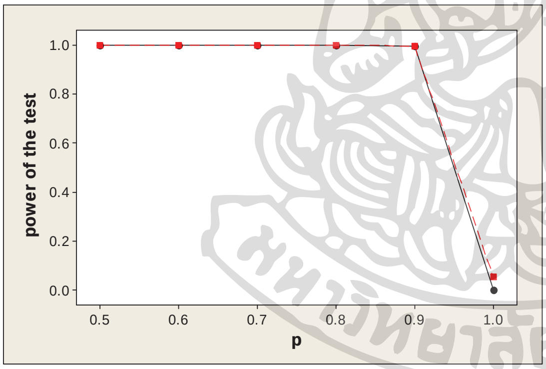
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

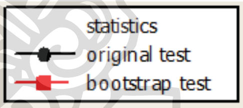


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

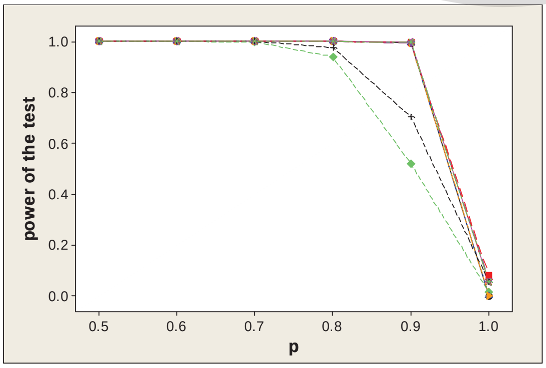


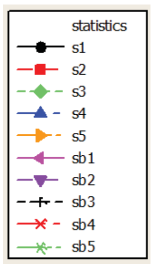
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)





(f) การทดสอบทั้งหมด

ภาพที่ 21 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 11 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50

ตารางที่ 9 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 13 สำหรับตัวอย่างขนาด 10 20 และ 50

p	Original					Bootstrap				
	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	0.9982	0.9981	0.9173	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982	0.9679	0.9982	0.9982
0.6	0.9937	0.9934	0.7997	0.9937	0.9937	0.9938	0.9939	0.9101	0.9938	0.9938
0.7	0.9715	0.9701	0.6024	0.9715	0.9715	0.9721	0.9728	0.7783	0.9718	0.9717
0.8	0.8900	0.8873	0.3423	0.8900	0.8900	0.8922	0.8941	0.5836	0.8918	0.8918
0.9	0.6503	0.6446	0.1103	0.6503	0.6503	0.6584	0.6628	0.2753	0.6548	0.6551
1.0	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0198	0.0482	0.0198	0.0145	0.0145

(a) n = 10

p	Original					Bootstrap				
	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	1.0000	0.9968	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9992	1.0000	1.0000
0.6	0.9999	0.9999	0.9767	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9911	0.9999	0.9999
0.7	0.9993	0.9992	0.8748	0.9993	0.9993	0.9994	0.9993	0.9368	0.9994	0.9994
0.8	0.9889	0.9880	0.6082	0.9889	0.9889	0.9893	0.9890	0.7659	0.9891	0.9891
0.9	0.8764	0.8726	0.2191	0.8764	0.8764	0.8792	0.8800	0.3942	0.8793	0.8795
1.0	0.0001	0.0001	0.0029	0.0001	0.0001	0.0242	0.0411	0.0241	0.0242	0.0213

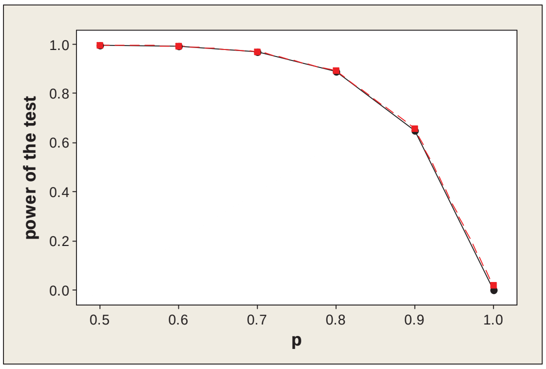
(b) n = 20

p	Original					Bootstrap				
	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.6	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.7	1.0000	1.0000	0.9983	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9996	1.0000	1.0000
0.8	1.0000	1.0000	0.9506	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9834	1.0000	1.0000
0.9	0.9952	0.9941	0.5587	0.9952	0.9952	0.9954	0.9943	0.7518	0.9954	0.9954
1.0	0.0004	0.0004	0.0091	0.0001	0.0001	0.0589	0.0540	0.0499	0.0627	0.0623

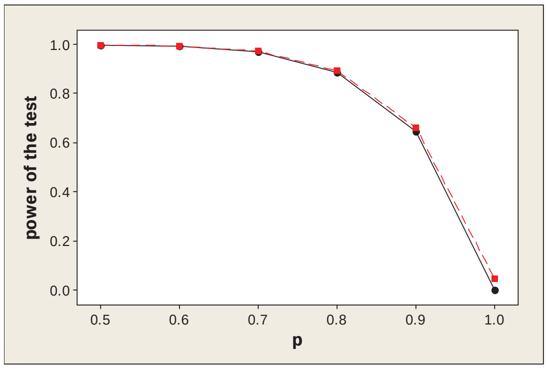
(c) n = 50

จากตารางที่ 9 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 13 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบสูงมาก และค่าประมาณของกำลังการทดสอบจะค่อยๆ ลดลง เมื่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจสูงขึ้น สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง หากพิจารณาที่แต่ละตัวสถิติทดสอบจะพบว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_1 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_1 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_2 ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_3 ตัวสถิติทดสอบ Sb_4 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_4 และตัวสถิติทดสอบ Sb_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_5

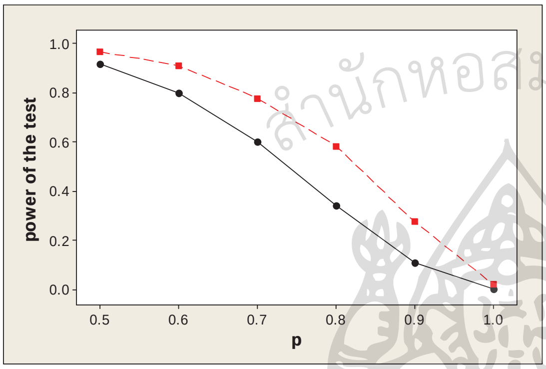
ค่าประมาณของกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 13 ในตารางที่ 9 สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 22 – 24 ตามลำดับ



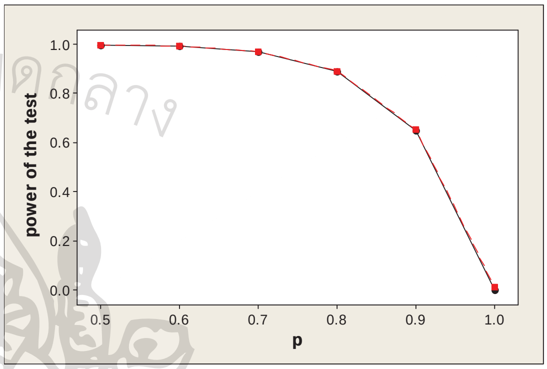
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



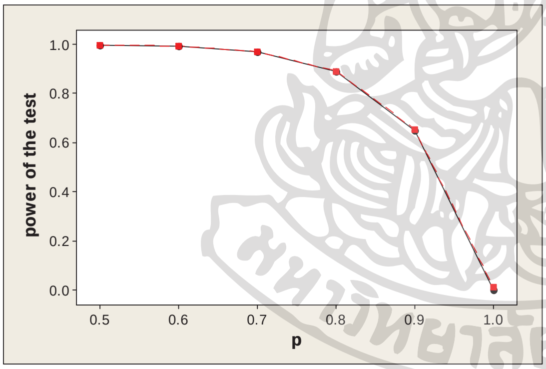
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

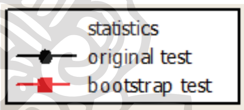


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

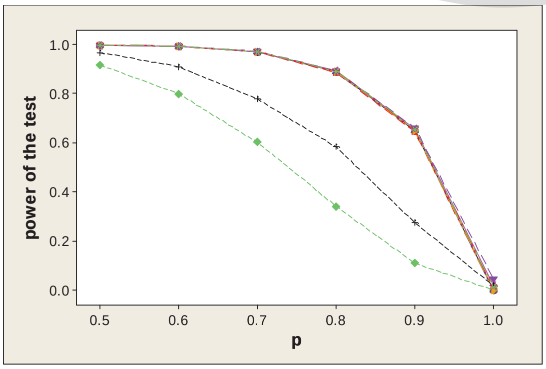


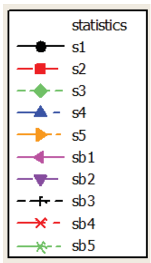
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





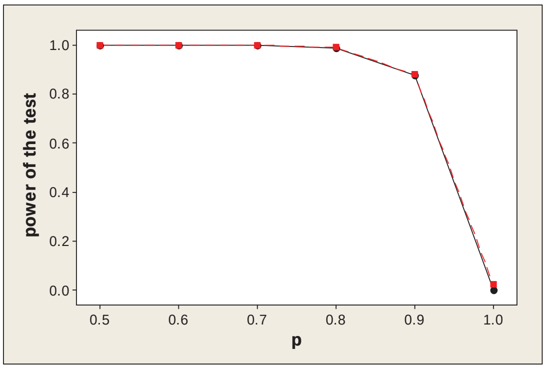
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)



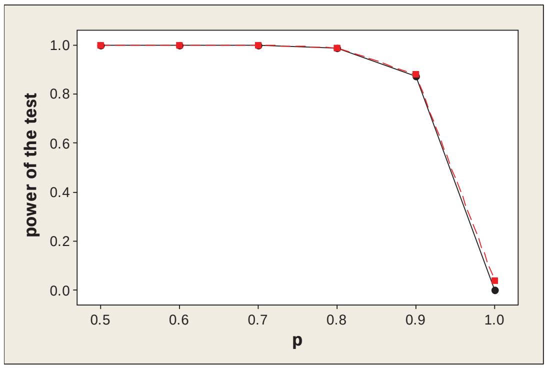


(f) การทดสอบทั้งหมด

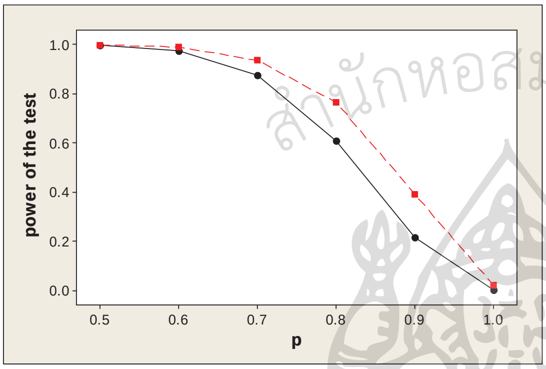
ภาพที่ 22 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 13 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10



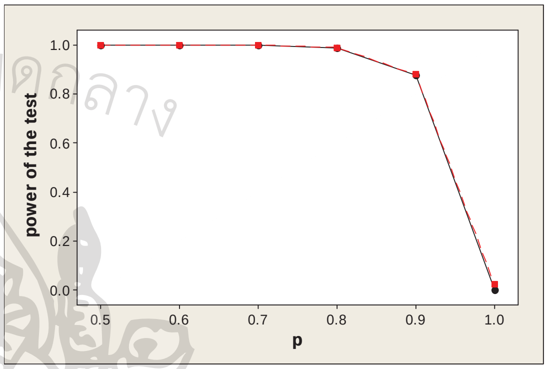
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



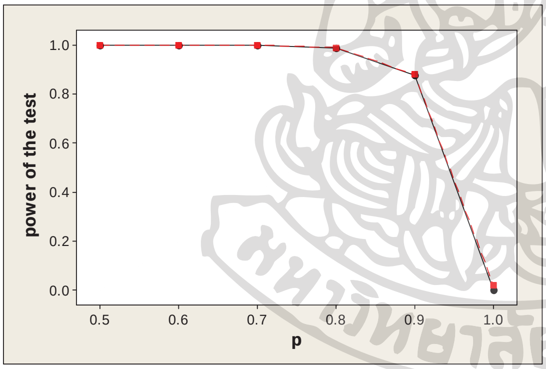
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

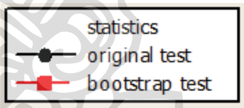


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

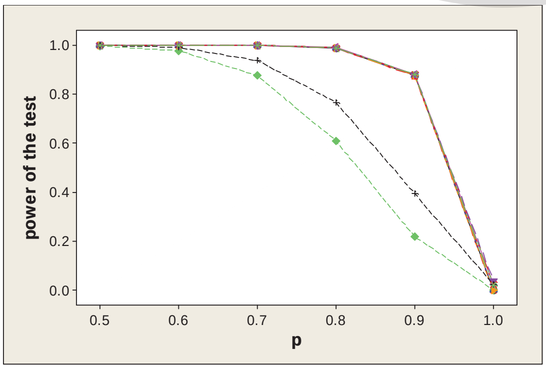


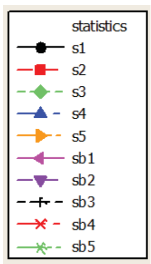
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





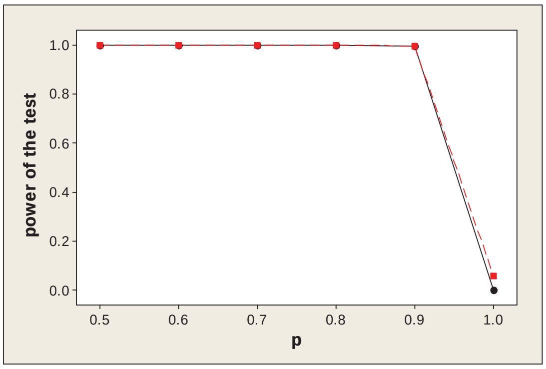
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)



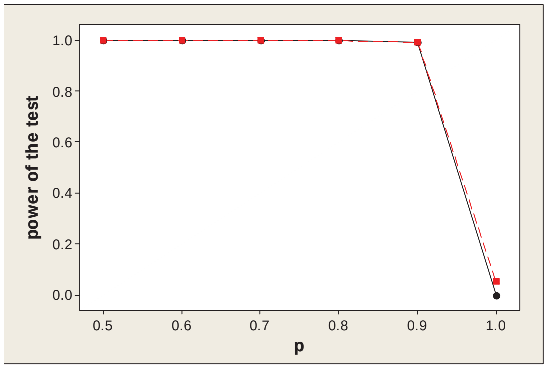


(f) การทดสอบทั้งหมด

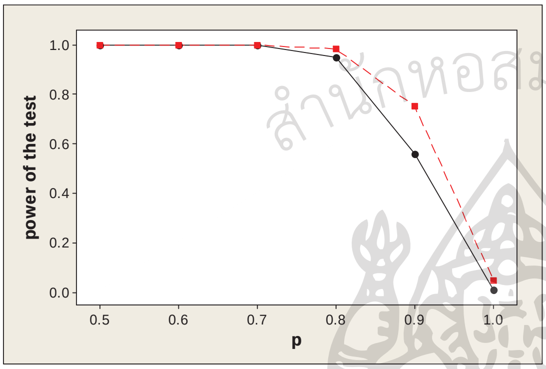
ภาพที่ 23 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 13 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20



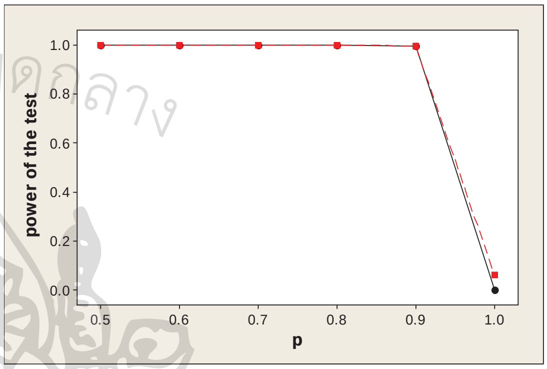
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



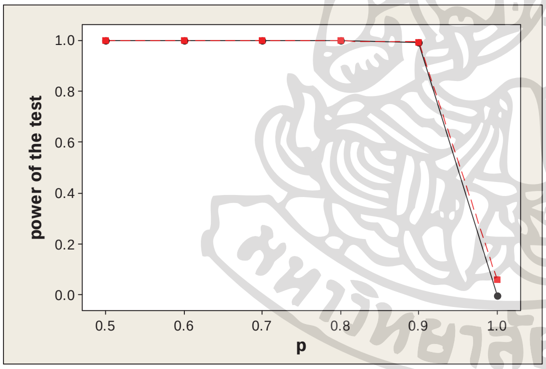
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

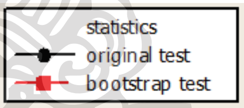


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

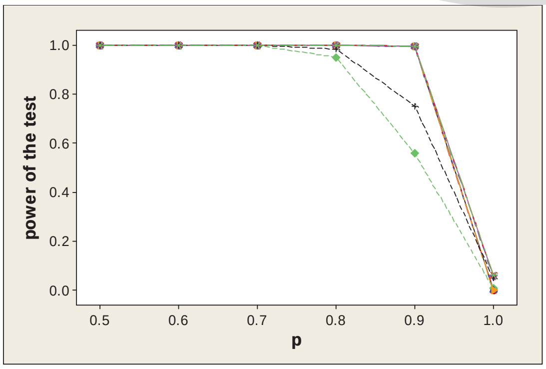


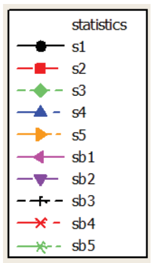
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)





(f) การทดสอบทั้งหมด

ภาพที่ 24 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 13 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50

ตารางที่ 10 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 15 สำหรับตัวอย่างขนาด 10 20 และ 50

	Original					Bootstrap				
p	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	0.9981	0.9981	0.9249	0.9981	0.9981	0.9982	0.9981	0.9837	0.9982	0.9982
0.6	0.9956	0.9954	0.8076	0.9956	0.9956	0.9958	0.9956	0.9450	0.9962	0.9962
0.7	0.9702	0.9697	0.6029	0.9702	0.9702	0.9764	0.9713	0.8467	0.9772	0.9767
0.8	0.8941	0.8934	0.3378	0.8941	0.8941	0.9067	0.8980	0.6639	0.9144	0.9144
0.9	0.6570	0.6556	0.1110	0.6570	0.6570	0.7111	0.6737	0.3919	0.7274	0.7274
1.0	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.1323	0.0485	0.0875	0.1814	0.1933

(a) n = 10

	Original					Bootstrap				
p	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	1.0000	0.9975	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9987	1.0000	1.0000
0.6	1.0000	1.0000	0.9760	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9867	1.0000	1.0000
0.7	0.9994	0.9994	0.8888	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9279	0.9994	0.9994
0.8	0.9901	0.9899	0.6431	0.9901	0.9901	0.9902	0.9901	0.7318	0.9902	0.9902
0.9	0.8846	0.8824	0.2324	0.8846	0.8846	0.8859	0.8888	0.3327	0.8850	0.8850
1.0	0.0000	0.0000	0.0022	0.0000	0.0000	0.0086	0.0382	0.0077	0.0044	0.0058

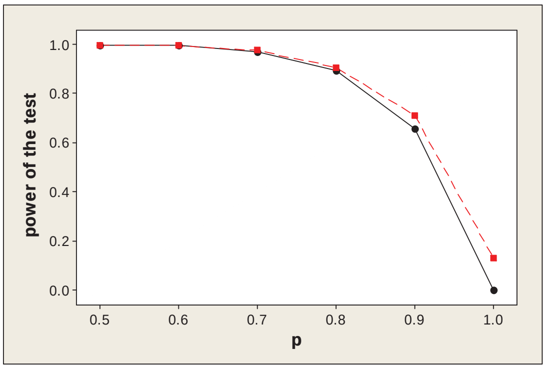
(b) n = 20

	Original					Bootstrap				
p	s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
0.5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.6	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.7	1.0000	1.0000	0.9988	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.8	1.0000	0.9999	0.9614	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9923	1.0000	1.0000
0.9	0.9940	0.9935	0.5801	0.9940	0.9940	0.9943	0.9941	0.8099	0.9945	0.9945
1.0	0.0000	0.0000	0.0083	0.0000	0.0000	0.0772	0.0804	0.0772	0.0875	0.0969

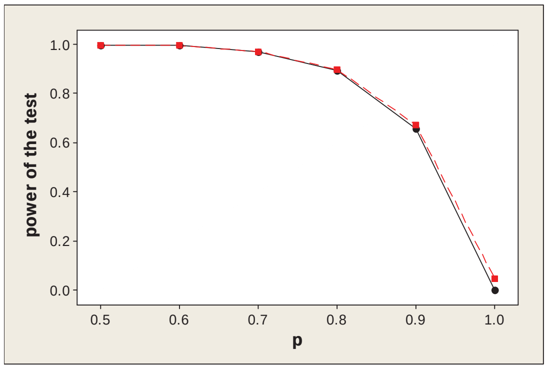
(c) n = 50

จากตารางที่ 10 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 15 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบสูงมาก แม้ว่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเข้าใกล้ 1 สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง หากพิจารณาที่แต่ละตัวสถิติทดสอบจะพบว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_1 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_1 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_2 ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_3 ตัวสถิติทดสอบ Sb_4 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_4 และตัวสถิติทดสอบ Sb_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_5

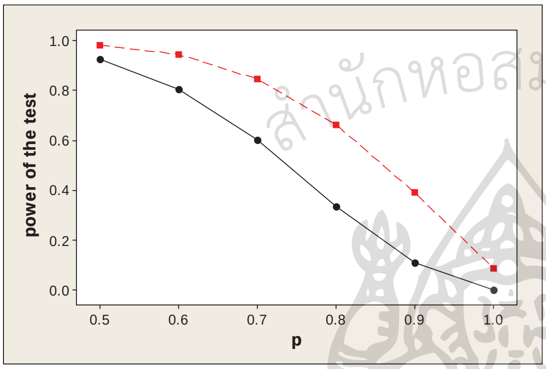
ค่าประมาณของกำลังการทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 15 ในตารางที่ 10 สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 25 – 27 ตามลำดับ



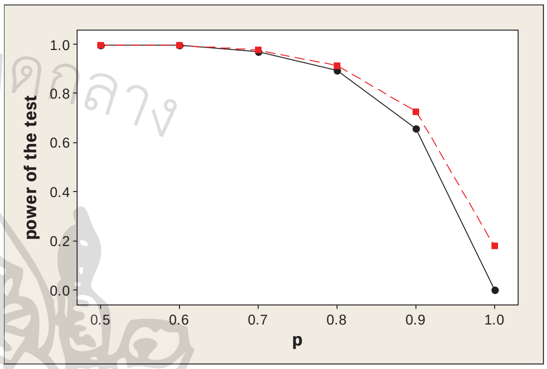
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



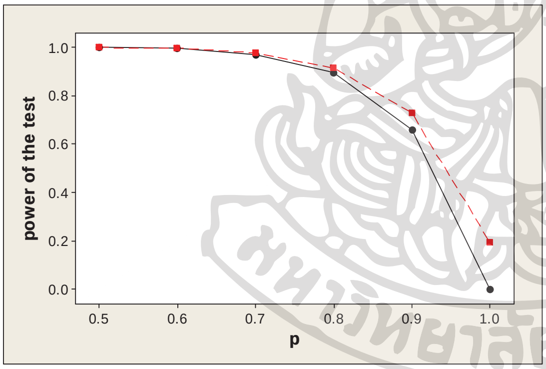
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

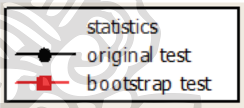


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

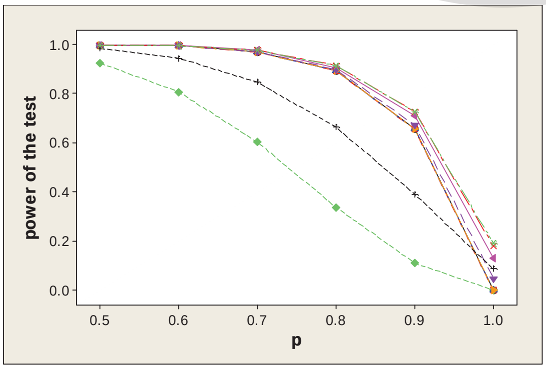


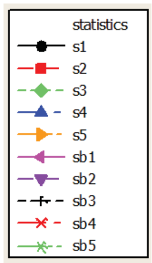
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





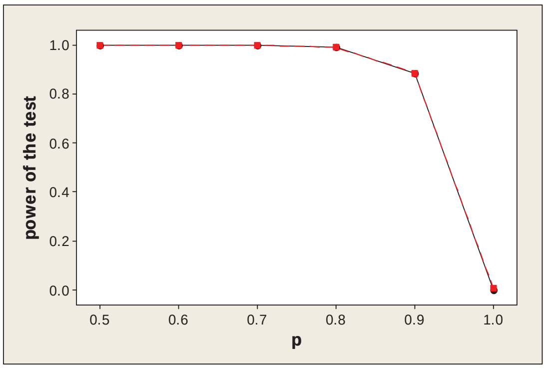
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)



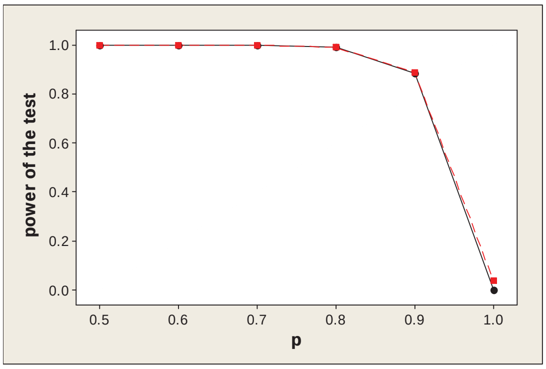


(f) การทดสอบทั้งหมด

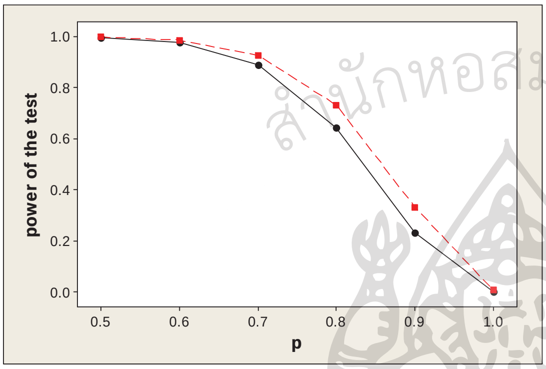
ภาพที่ 25 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 15 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10



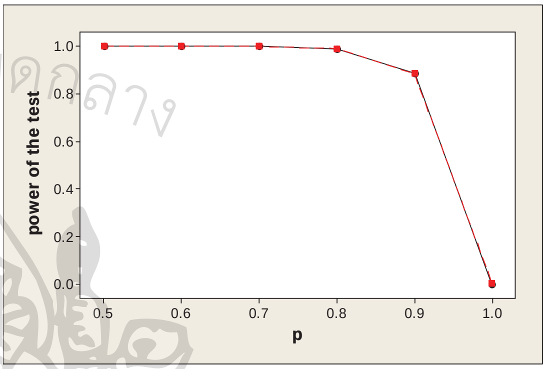
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



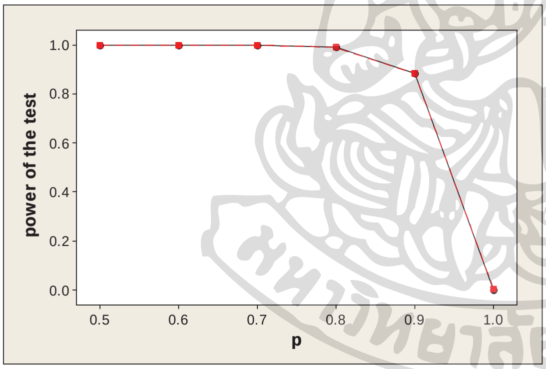
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

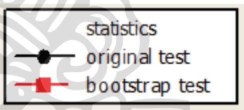


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

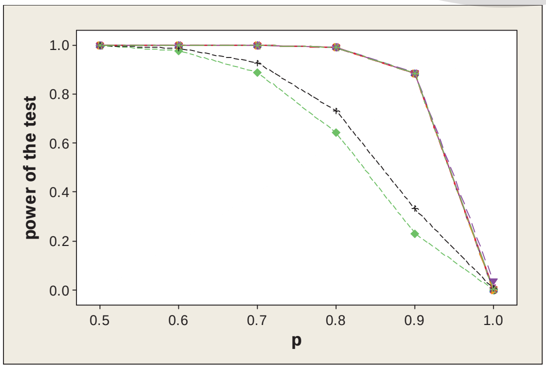


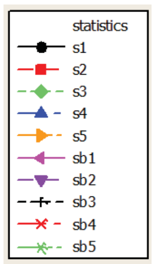
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





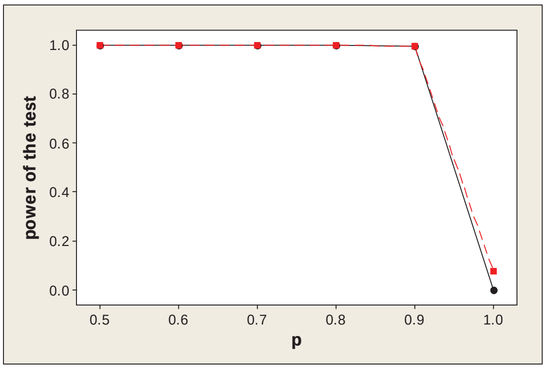
(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)



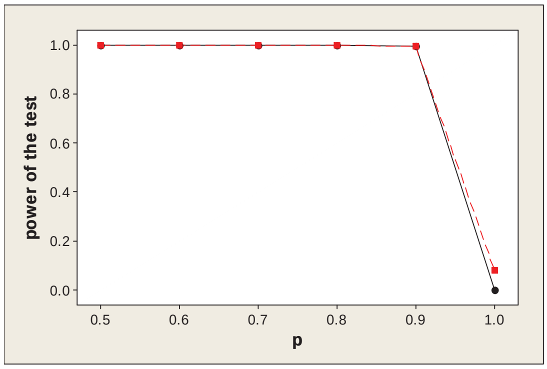


(f) การทดสอบทั้งหมด

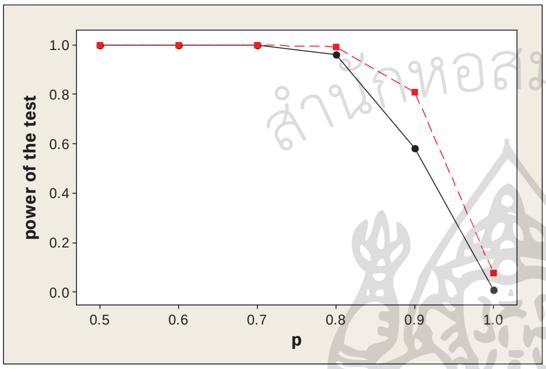
ภาพที่ 26 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 15 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20



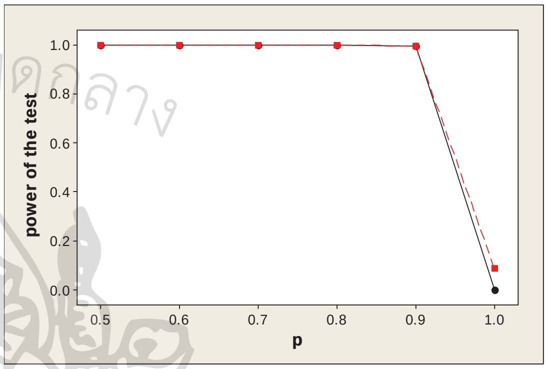
(a) การทดสอบคะแนน (S_1, Sb_1)



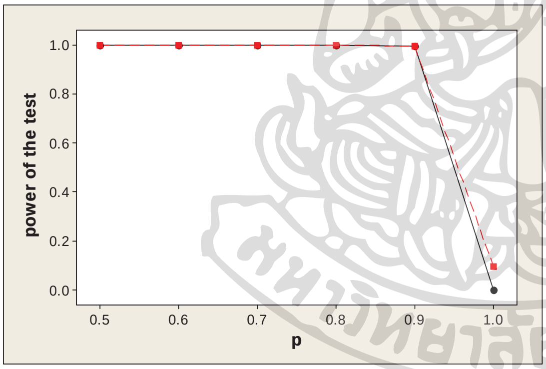
(b) การทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น (S_2, Sb_2)

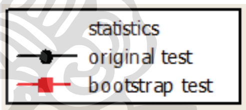


(c) การทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ p (S_3, Sb_3)

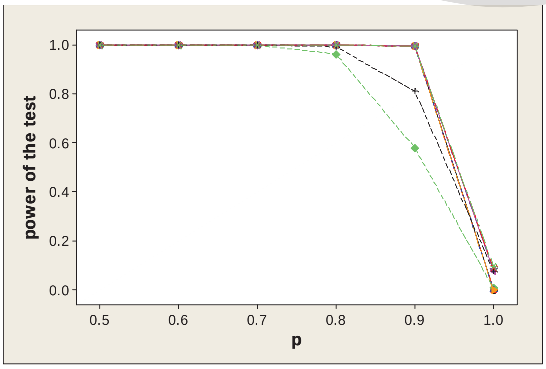


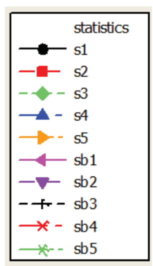
(d) การทดสอบ Cochran (S_4, Sb_4)





(e) การทดสอบ Rao-Chakravarti (S_5, Sb_5)





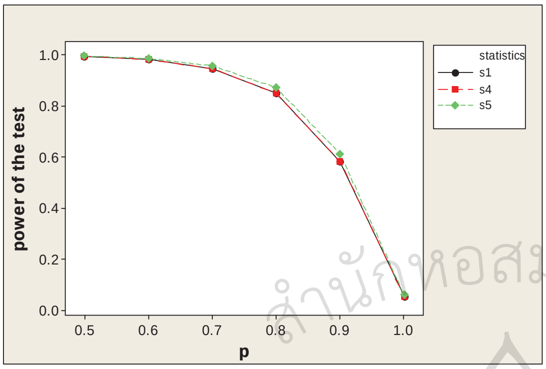
(f) การทดสอบทั้งหมด

ภาพที่ 27 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 15 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50

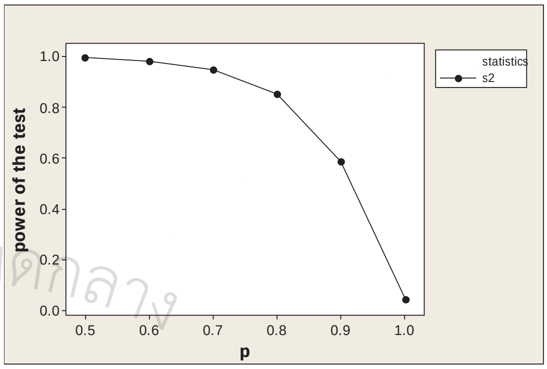
ผลการพิจารณาเปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบ ภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก พบว่าค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบค่อนข้างสูง และค่าประมาณของกำลังการทดสอบจะค่อยๆ ลดลง เมื่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจสูงขึ้น หากพิจารณาที่แต่ละตัวสถิติทดสอบจะพบว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_1 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_1 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_2 ยกเว้นเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ภายใต้ค่าเฉลี่ยของปัวซงที่มีขนาดไม่สูงมาก ($\mu \leq 11$) ตัวสถิติทดสอบ S_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_3 ตัวสถิติทดสอบ Sb_4 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_4 และตัวสถิติทดสอบ Sb_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ S_5

เมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงมีค่าเท่ากับ 5 ตัวสถิติทดสอบ Sb_5 มีค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ Sb_1 และตัวสถิติทดสอบ S_3 มีค่าประมาณของกำลังการทดสอบต่ำที่สุด แต่เมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ S_1 S_2 S_4 S_5 Sb_1 Sb_2 และ Sb_4 จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนใกล้เคียงกับตัวสถิติทดสอบ Sb_5

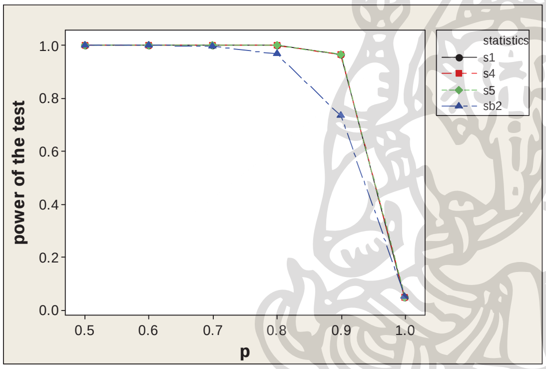
กรณีที่ 2 เปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น เพื่อศึกษาว่าตัวสถิติทดสอบใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด



(a) n = 10



(b) n = 20



(c) n = 50

ภาพที่ 28 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 5 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 และ 50

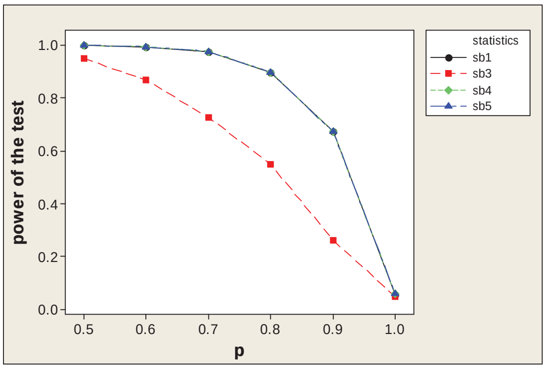
จากภาพที่ 28 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 5 มีตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสำหรับทุกขนาดตัวอย่าง

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด 3 ตัวสถิติทดสอบ คือตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 และ S_5 จากภาพ 28 (a) จะเห็นว่าทุกตัวสถิติทดสอบให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบที่สูงใกล้เคียงกัน แต่ตัวสถิติ

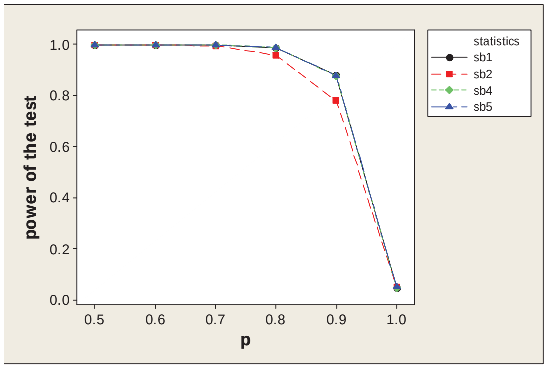
ทดสอบ S_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงที่สุด ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ S_5 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 มีเพียงตัวสถิติทดสอบเดียวที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้คือตัวสถิติทดสอบ S_2 จากภาพ 28 (b) จะเห็นว่าตัวสถิติทดสอบ S_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูง ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ S_2 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

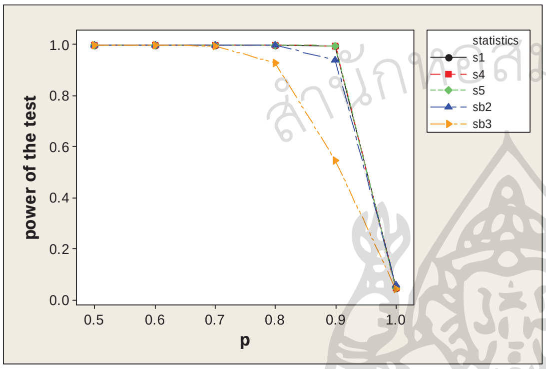
ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด 4 ตัวสถิติทดสอบ คือตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 S_5 และ Sb_2 จากภาพ 28 (c) จะเห็นว่าทุกตัวสถิติทดสอบให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบที่สูง โดยเฉพาะตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 และ S_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ส่วนตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบต่ำที่สุด ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 และ S_5 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง



(a) n = 10



(b) n = 20



(c) n = 50

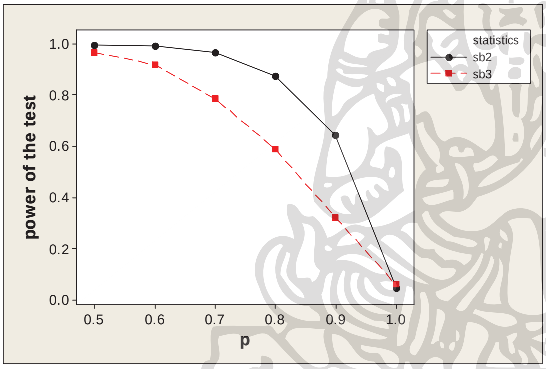
ภาพที่ 29 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 7 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 และ 50

จากภาพที่ 29 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 7 มีตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสำหรับทุกขนาดตัวอย่าง

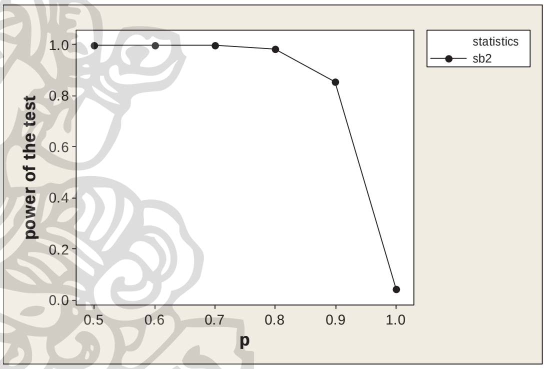
ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด 4 ตัวสถิติทดสอบ คือตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_3 Sb_4 และ Sb_5 จากภาพ 29 (a) จะเห็นว่าทุกตัวสถิติทดสอบให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบที่สูง แต่ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ส่วนตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบต่ำที่สุด ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด 4 ตัวสถิติทดสอบ คือตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_2 Sb_4 และ Sb_5 จากภาพ 29 (b) จะเห็นว่าทุกตัวสถิติทดสอบให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบที่สูงใกล้เคียงกัน แต่ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบต่ำที่สุด ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด 5 ตัวสถิติทดสอบ คือตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 S_5 Sb_2 และ Sb_3 จากภาพ 29 (c) จะเห็นว่าตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 และ S_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงมากใกล้เคียงกัน รองลงมาคือตัวสถิติทดสอบ Sb_2 และตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบต่ำที่สุด ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 และ S_5 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง



(a) n = 10



(b) n = 20

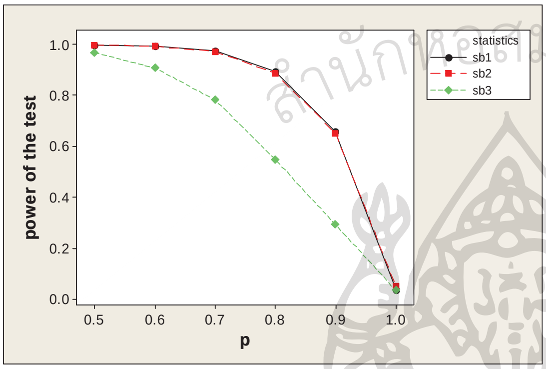
ภาพที่ 30 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 9 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 และ 20

จากภาพที่ 30 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 9 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เฉพาะขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 20 เท่านั้น

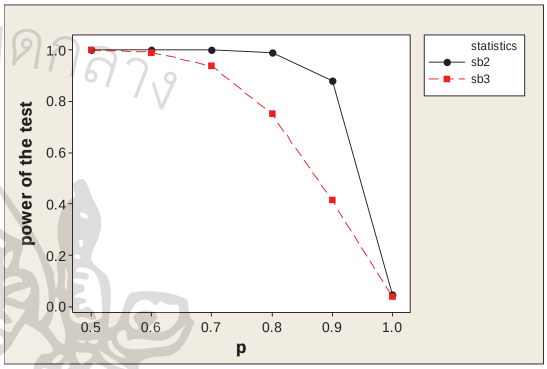
ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด 2 ตัวสถิติทดสอบ คือตัวสถิติทดสอบ Sb_2 และ Sb_3 จากภาพ

30 (a) จะเห็นว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงที่สุด ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_2 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

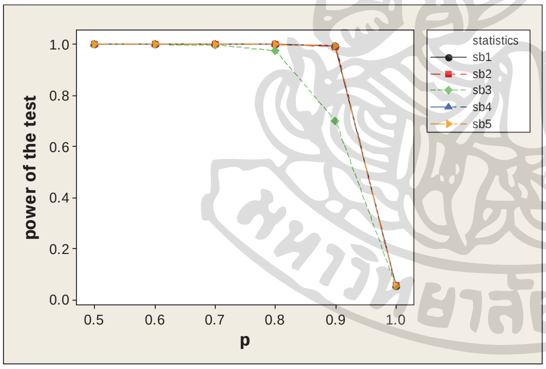
ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 มีเพียงตัวสถิติทดสอบเดียวที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้คือตัวสถิติทดสอบ Sb_2 จากภาพ 30 (b) จะเห็นว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูง ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_2 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง



(a) n = 10



(b) n = 20



(c) n = 50

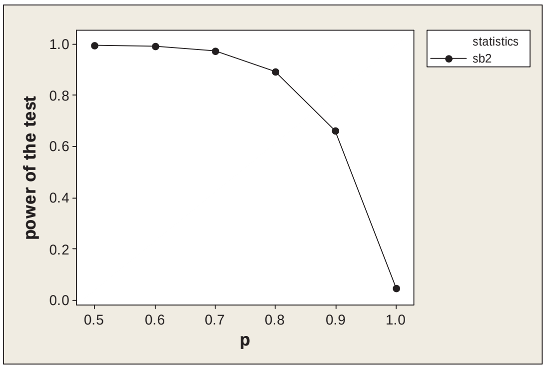
ภาพที่ 31 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 11 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 และ 50

จากภาพที่ 31 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 11 มีตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสำหรับทุกขนาดตัวอย่าง

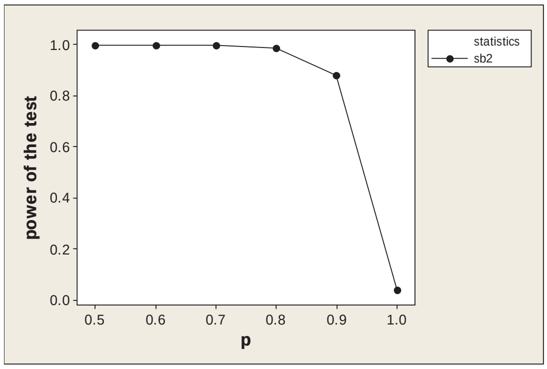
ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด 3 ตัวสถิติทดสอบ คือตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_2 และ Sb_3 จากภาพ 31 (a) จะเห็นว่าทุกตัวสถิติทดสอบให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบที่สูง โดยเฉพาะตัวสถิติทดสอบ Sb_1 และ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ส่วนตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบต่ำที่สุด ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_1 และ Sb_2 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด 2 ตัวสถิติทดสอบ คือตัวสถิติทดสอบ Sb_2 และ Sb_3 จากภาพ 31 (b) จะเห็นว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงที่สุด ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_2 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

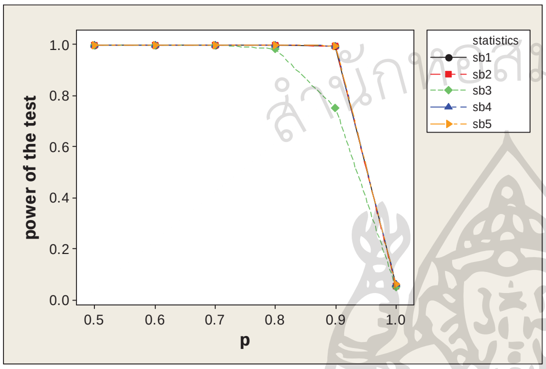
ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด 5 ตัวสถิติทดสอบ คือตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_2 Sb_3 Sb_4 และ Sb_5 จากภาพ 31 (c) จะเห็นว่าทุกตัวสถิติทดสอบให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบที่สูง โดยเฉพาะตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_2 Sb_4 และ Sb_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ส่วนตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบต่ำที่สุด ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_2 Sb_4 และ Sb_5 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง



(a) n = 10



(b) n = 20



(c) n = 50

ภาพที่ 32 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 13 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 20 และ 50

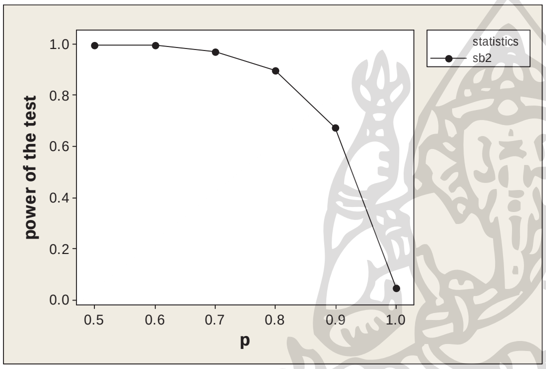
จากภาพที่ 32 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 13 มีการทดสอบที่มีประสิทธิภาพสำหรับทุกขนาดตัวอย่าง

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 มีเพียงตัวสถิติทดสอบเดียวที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้คือตัวสถิติทดสอบ Sb_2 จากภาพที่ 32 (a) จะเห็นว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูง ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_2 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

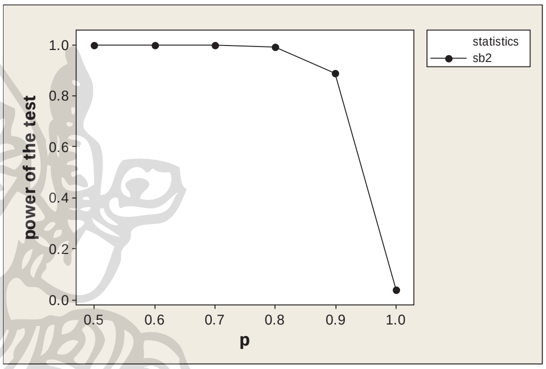
ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 มีเพียงตัวสถิติทดสอบเดียวที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้คือตัวสถิติทดสอบ Sb_2 จากภาพที่ 32 (b) จะเห็นว่าตัวสถิติ

ทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูง ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_2 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทั้งหมด 5 ตัวสถิติทดสอบ คือตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_2 Sb_3 Sb_4 และ Sb_5 จากภาพที่ 32 (c) จะเห็นว่าทุกตัวสถิติทดสอบให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบที่สูง โดยเฉพาะตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_2 Sb_4 และ Sb_5 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน ส่วนตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบต่ำที่สุด ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_2 Sb_4 และ Sb_5 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง



(a) n = 10



(b) n = 20

ภาพที่ 33 ค่าประมาณของกำลังการทดสอบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 15 สำหรับขนาดตัวอย่าง 10 และ 20

จากภาพที่ 33 พบว่าภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยปัวซงเท่ากับ 15 มีตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เฉพาะขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 20 เท่านั้น

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 มีเพียงตัวสถิติทดสอบเดียวที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้คือตัวสถิติทดสอบ Sb_2 จากภาพที่ 33 (a) จะเห็นว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูง ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_2 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 มีเพียงตัวสถิติทดสอบเดียวที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้คือตัวสถิติทดสอบ Sb_2 จากภาพที่ 33 (b) จะเห็นว่าตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูง ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ Sb_2 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

ตารางที่ 11 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบทั้ง 10 ตัว

μ	n	Original					Bootstrap				
		s1	s2	s3	s4	s5	sb1	sb2	sb3	sb4	sb5
5	10.0	B			B	A					
	20.0		A								
	50.0	A			A	A		B			
7	10.0						A		B	A	A
	20.0						A	B		A	A
	50.0	A			A	A		B	B		
9	10.0							A	B		
	20.0							A			
	50.0										
11	10.0						A	A	B		
	20.0							A	B		
	50.0						A	A	B	A	A
13	10.0							A			
	20.0							A			
	50.0						A	A	B	A	A
15	10.0							A			
	20.0							A			
	50.0										

B หมายถึง ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

A หมายถึง ตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ และมีค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูง หรือตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูง

จากตารางที่ 10 พบว่าเมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 ตัวสถิติทดสอบ S_1 และตัวสถิติทดสอบ S_4 มีประสิทธิภาพมากเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ตัวสถิติทดสอบ S_2 มีประสิทธิภาพเมื่อ

ตัวอย่างมีขนาดกลาง ตัวสถิติทดสอบ S_5 มีประสิทธิภาพทั้งตัวอย่างขนาดเล็ก และใหญ่ แต่ตัวสถิติทดสอบ S_3 Sb_1 Sb_2 Sb_3 Sb_4 และ Sb_5 ไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 ตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 และ S_5 มีประสิทธิภาพมากเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ แต่ถ้าตัวอย่างมีขนาดเล็ก และกลาง ตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพ คือตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5

ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 9 เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก และกลาง ตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพ คือตัวสถิติทดสอบ S_2

ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 11 ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 มีประสิทธิภาพเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก และใหญ่ ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 มีประสิทธิภาพสำหรับข้อมูลทุกขนาด ตัวสถิติทดสอบ Sb_4 และ Sb_5 มีประสิทธิภาพเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่

ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 13 ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 มีประสิทธิภาพเมื่อข้อมูลมีขนาดใหญ่ ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 มีประสิทธิภาพสำหรับข้อมูลทุกขนาด

ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 15 เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก และกลาง ตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพ คือตัวสถิติทดสอบ S_2

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบ 10 ตัว ที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปัวซง โดยพิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 10 ตัวประกอบด้วยตัวสถิติทดสอบ S_1 ตัวสถิติทดสอบ S_2 ตัวสถิติทดสอบ S_3 ตัวสถิติทดสอบ S_4 ตัวสถิติทดสอบ S_5 ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ตัวสถิติทดสอบ Sb_4 และตัวสถิติทดสอบ Sb_5 ประชากรที่ศึกษาประกอบด้วย ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง สำหรับการทดสอบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก โดยมีการกำหนดค่าเฉลี่ยของปัวซง และความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจต่างๆ กัน ขนาดตัวอย่างที่ศึกษามี 3 ขนาด คือ 10 20 และ 50 โดยจะถือว่าตัวอย่างขนาด 10 แทนตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวอย่างขนาด 20 แทนตัวอย่างขนาดกลาง และตัวอย่างขนาด 50 แทนตัวอย่างขนาดใหญ่ กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 ทำการจำลองข้อมูลจำนวน 10,000 ครั้ง วิธีบูทสแตรปมีการทำซ้ำจำนวน 7,000 รอบ ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็น และค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 10 ตัว สรุปได้ดังนี้

ความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

เมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในทดสอบการแจกแจงแบบปัวซง 10 ตัว สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ตัวสถิติทดสอบบูทสแตรปส่วนใหญ่ให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญที่กำหนดมากกว่าตัวสถิติทดสอบแบบเดิม
2. ภายใต้ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 ตัวสถิติทดสอบคะแนน ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็น ตัวสถิติทดสอบ Cochran และตัวสถิติทดสอบ Rao-Chakravarti สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีแล้ว ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวสถิติทดสอบบูทสแตรป เมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 ตัวสถิติทดสอบคะแนน ตัวสถิติทดสอบ Cochran และตัวสถิติทดสอบ Rao-Chakravarti สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เฉพาะตัวอย่างมีขนาดใหญ่เท่านั้น แต่ตัวสถิติทดสอบบูทสแตรปส่วนใหญ่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกขนาดตัวอย่าง และเมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงสูงขึ้น ($\mu \geq 9$) ตัวสถิติทดสอบแบบเดิมไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เลย เนื่องจากส่วนใหญ่ให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เข้าใกล้ค่าศูนย์ จึงจำเป็นต้องใช้ตัวสถิติทดสอบบูทสแตรปเพื่อให้สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีขึ้น
3. ตัวสถิติทดสอบบนพื้นฐานช่วงความเชื่อมั่นของ P ไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เลย

การเปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบ

ในการเปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของแต่ละตัวสถิติทดสอบเมื่อข้อมูลมีพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันออกไปนั้น แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 เปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบ เพื่อศึกษาว่าการนำวิธีบูทสแตรปมาประยุกต์กับตัวสถิติทดสอบจะมีผลทำให้กำลังการทดสอบมีค่าสูงขึ้นหรือไม่

กรณีที่ 2 เปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น เพื่อศึกษาว่าตัวสถิติทดสอบใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด

กรณีเปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบทุกตัวสถิติทดสอบสามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการพิจารณาเปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ตัวสถิติทดสอบบูทสแตรปส่วนใหญ่จะให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงขึ้น ยกเว้นเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ภายใต้ค่าเฉลี่ยของปัวซงที่มีขนาดไม่สูงมาก ($\mu \leq 11$) ตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นจะให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบได้สูงกว่าการนำบูทสแตรปมาประยุกต์ เนื่องจากตัวสถิติทดสอบอัตราส่วนความควรจะเป็นให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงกว่าการนำวิธีบูทสแตรปมาประยุกต์

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบโดยรวมของตัวสถิติทดสอบทั้ง 10 ตัว พบว่าเมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงมีค่าน้อยกว่าเท่ากับ 7 ตัวสถิติทดสอบ Sb_5 มีค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวสถิติทดสอบ Sb_1 และตัวสถิติทดสอบ S_3 มีค่าประมาณของกำลังการทดสอบต่ำที่สุด แต่เมื่อค่าเฉลี่ยของปัวซงมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ S_1 S_2 S_4 S_5 Sb_1 Sb_2 และ Sb_4 จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนใกล้เคียงกับค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ Sb_5

กรณีเปรียบเทียบค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น

ผลการพิจารณาค่าประมาณของกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยได้ดังนี้

1. เมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 ตัวสถิติทดสอบแบบเดิมมีประสิทธิภาพมากกว่าตัวสถิติทดสอบบูทสแตรปสำหรับทุกขนาดตัวอย่าง เมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 ตัวสถิติทดสอบแบบเดิมมีประสิทธิภาพมากกว่าตัวสถิติทดสอบบูทสแตรปสำหรับตัวอย่างขนาดใหญ่เท่านั้น แต่ตัวสถิติทดสอบบูทสแตรปเป็นตัว

สถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสำหรับตัวอย่างขนาดเล็ก และกลาง และเมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงสูงกว่า 7 ตัวสถิติทดสอบบูทสแตรปมีประสิทธิภาพมากกว่าตัวสถิติทดสอบแบบเดิมสำหรับทุกขนาดตัวอย่าง

2. ตัวสถิติทดสอบ S_1 S_2 S_4 และ S_5 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพเมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 โดยที่ตัวสถิติทดสอบ S_5 มีประสิทธิภาพสำหรับตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวสถิติทดสอบ S_2 มีประสิทธิภาพสำหรับตัวอย่างขนาดกลาง และตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 และ S_5 มีประสิทธิภาพสำหรับตัวอย่างขนาดใหญ่ เมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 ตัวสถิติทดสอบ S_1 S_4 และ S_5 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสำหรับตัวอย่างขนาดใหญ่ และตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสำหรับตัวอย่างขนาดเล็ก และกลาง แต่เมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงมากกว่า 7 ตัวสถิติทดสอบ Sb_2 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพเกือบทุกกรณี และตัวสถิติทดสอบ Sb_1 Sb_4 และ Sb_5 เป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพเป็นบางกรณี
3. ตัวสถิติทดสอบ Sb_3 ไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากมีค่าประมาณของกำลังการทดสอบน้อยกว่าตัวสถิติทดสอบอื่นๆ มาก

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 10 ตัวพบว่าขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ค่าประมาณของกำลังการทดสอบของทุกตัวสถิติทดสอบค่อนข้างสูงมาก แต่ค่าประมาณของกำลังการทดสอบจะค่อยๆ ลดลง เมื่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจมีค่าสูงขึ้น
2. การนำวิธีบูทสแตรปมาประยุกต์กับตัวสถิติทดสอบแบบเดิมจะมีอิทธิพลทำให้ค่าประมาณของกำลังการทดสอบสูงขึ้น ถ้าตัวสถิติทดสอบแบบเดิมให้ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 น้อยกว่าของตัวสถิติทดสอบบูทสแตรปเท่านั้น

3. วิธีบูทสแตรปช่วยให้ตัวสถิติทดสอบมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อข้อมูลจำลองมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมากที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงมากกว่า 7
4. ภายใต้การแจกแจงแบบปัวซงที่มีค่าศูนย์จำนวนมาก ที่มีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 5 ตัวสถิติทดสอบแบบเดิมมีประสิทธิภาพอยู่แล้ว และเมื่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยของปัวซงเท่ากับ 7 ตัวสถิติทดสอบแบบเดิมมีประสิทธิภาพสำหรับตัวอย่างขนาดใหญ่เท่านั้น สำหรับตัวอย่างขนาดเล็ก และกลาง ตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพ คือ ตัวสถิติทดสอบบูทสแตรป

ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยชิ้นต่อไปควรขยายไปศึกษาการทดสอบการแจกแจงแบบปัวซง ภายใต้การแจกแจงแบบอื่นๆ เช่น การแจกแจงแบบทวินามเชิงลบที่มีค่าศูนย์เป็นจำนวนมาก เพื่อที่จะทราบว่าวิธีบูทสแตรปจะมีผลทำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นด้วยหรือไม่ หรืออาจจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบแบบอื่นที่มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

รุ้งรวี เอื้อเจริญทรัพย์. "การศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล 4 การทดสอบ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554.

ภาษาอังกฤษ

Bohning, D., Schlattmann, P., and Lindsay, B.G., "Computer Assisted Analysis of Mixtures (C.A.MAN)." Biometricals 48 (1992): 283-303.

Bohning. D., "Zero-inflated Poisson models and C.A.MAN: a tutorial collection of evidence." Biometricals J. 40 (1998): 833-843.

Bohning. D., Dictz, E., Schlattmann, P., "The zero-inflated Poisson model and the decaycd, missing and filled teeth index in dental epidermiology." J Roy. Statist. Soc. A 162 (1999): 195-209.

Byoung Choel Jung, Myoungshic Jhun and Jae Won Lee, "Bootstrap Tests for Overdispersion in a Zero-Inflated Poisson Regression Model." Biometrics 61 (2005): 626-629.

Campbell, M.J., Machin, D., D'Arcangues, C., "Coping with extra-Poisson variability in the analysis of factors influencing vaginal ring expulsions." Statist. Medicine 10 (1991): 241-251.

Chin-Shang Li, " Identifiability of Zero-Inflated Poisson Models." Braz. J. Probab. Stat. 26 (2012): 306-312.

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

El-Shaarawi, A.H., "Some goodness-of-fit methods for the Poisson plus added zeros distribution." Appl. Environ. Microbiol. 49 (1985):1304-1306.

Freund, D.A., Kniesner, T.J., LoSasso, A.T., "dealing with the common economic problems of count data with excess zeros, endogenous treatment effects, and attrition bias." Econom. Lett 62 (1999): 7-12.

Greenwood, M. and Ylue, G.U., “An inquiry into the nature of frequency distributions of multiple happenings, etc.” the Royal Statistical Society 83 (1920): 255.

Jean-Philippe Boncher, Michel pennit, Montserrat Guillen, “Number of accidents or number of claims? An approach with zero-inflated poisson medels for panel data.” Risk and Insurance (Dec. 2009).

Kuan, J., Peck, R.C., and Janke, M.K., “Statistical Methods for Traffic Accident Research. In: Min-Te Chao and Philip E. Cheng (eds.)” Proceedings of the 1990 Taipei Symposium in Statistics (1991): 28-30.

Xie, M., He, B., Goh, T.N., “Zero-inflated Poisson model in statistical process control.” Computer Statistics & Data Analysis 38 (2001): 191-201.

Miaou, S.P., “The rela tionship between truck accidents and geometric design of road sections-Poisson versus negative binomial regressions.” Accident Anal. Prevention 26 (1994): 471-482.

Rao, C.R., Chakravarti, I.M., “Some smell sample tests of significance for a Poisson distribution.” Biometrics 12 (1956): 264-282.

Shankar, V., Milton, J., Mannering, F., “Modeling accident frequencies as zero-altered proability processes: an empirical inquiry.” Accident Anal. Prevention 29 (1997): 829-837.

Vandenbreok, J., “A Score test for zero inflation in a Poisson-distribution.” Biometrics 51 (1995): 738-743.

ภาคผนวก

โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองข้อมูล (Program R)

```
library(VGAM)
N=50
x=matrix(data = NA, nrow = 50, ncol = 1000, byrow = FALSE,dimnames = NULL)
for(i in 1:1000)
{
x[,i]<- rzipois(N,15, phi=0.5)
}
write.table(x)
```

โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณค่าการทดสอบและการนับจำนวนการปฏิเสธสมมติฐานหลัก

(Program Matlab)

```
mu=10
n=50
repeat=10000
b=7000
rejects1=0;
rejects2=0;
rejects3=0;
rejects4=0;
rejects41=0;
rejects5=0;
rejectsb1=0;
rejectsb2=0;
rejectsb3=0;
rejectsb4=0;
rejectsb41=0;
rejectsb5=0;
rejectsb51=0;
sc1=chi2inv(0.95,1);
sc2=chi2inv(0.95,1);
sc3=1;
sc4=norminv(0.975,0,1);
sc5=norminv(0.975,0,1);
zb1=dlmread('x1010501b.txt');
z1=dlmread('x1010501.txt');
z2=dlmread('x1010502.txt');
z3=dlmread('x1010503.txt');
z4=dlmread('x1010504.txt');
z5=dlmread('x1010505.txt');
```

```
z6=dlmread('x1010506.txt');
z7=dlmread('x1010507.txt');
z8=dlmread('x1010508.txt');
z9=dlmread('x1010509.txt');
z10=dlmread('x10105010.txt');
%zd=[z1 z2];
%zd=[z1 z2 z3 z4 z5];
zd=[z1 z2 z3 z4 z5 z6 z7 z8 z9 z10];
z=norminv(0.95,0,1);
scb1=criticalscb1(zb1,n,b);
scb2=criticalscb2(zb1,n,b,mu);
scb3=criticalscb3(zb1,n,b,mu,z);
scb41=criticalscb41(zb1,n,b);
scb42=criticalscb42(zb1,n,b);
scb51=criticalscb51(zb1,n,b);
scb52=criticalscb52(zb1,n,b);
for i=1:repeat;
x=zd(:,i);
xbar=sum(x)/n;
n0=0;
for j=1:n;
  if(x(j)==0)
    n0=n0+1;
  end
end
np=n-n0;
s1=score(n,n0,xbar);
if(s1>sc1);
  rejects1=rejects1+1;
end
```

```
if(s1>scb1);
  rejectsb1=rejectsb1+1;
end
s2=likelihood(mu,n,n0,xbar);
if(s2>sc2);
  rejects2=rejects2+1;
end
if(s2>scb2);
  rejectsb2=rejectsb2+1;
end
s3=confidenceinterval(mu,n,xbar,z);
if(s3<sc3);
  rejects3=rejects3+1;
end
if(s3<scb3);
  rejectsb3=rejectsb3+1;
end
s4=cochran(n,n0,xbar);
if(abs(s4)>abs(sc4));
  rejects4=rejects4+1;
end
if(s4>scb41);
  rejectsb41=rejectsb41+1;
end
if(s4<scb42);
  rejectsb41=rejectsb41+1;
end
s5=raochakravarti(n,n0,xbar);
if(abs(s5)>sc5);
  rejects5=rejects5+1;
```

```
end
if(s5>scb51);
   rejectsb51=rejectsb51+1;
end
if(s5<scb52);
   rejectsb51=rejectsb51+1;
end
end
type1error1=rejects1/repeat
type1error2=rejects2/repeat
type1error3=rejects3/repeat
type1error4=rejects4/repeat
type1error5=rejects5/repeat
type1errorsb1=rejectsb1/repeat
type1errorsb2=rejectsb2/repeat
type1errorsb3=rejectsb3/repeat
type1errorsb41=rejectsb41/repeat
type1errorsb51=rejectsb51/repeat

##################################### Score Test ################################

function s1 = score (n,n0,xbar)
mu1 = xbar;
p0 = exp(-mu1);
s1=((n0-(n*p0))^2)/((n*p0*(1-p0))-(n*xbar*p0*p0));

################################ Likelihood Ratio Test ###############################

function s2 = likelihood(mu,n,n0,xbar)
if(n0==0)
```

```
s2=2*(((n-n0)*(log(xbar/mu)-mu))+(n*xbar*(log(mu)+1-log(xbar))));
else
s2=2*((n0*log(n0/n))+((n-n0)*(log(xbar/mu)-mu))+(n*xbar*(log(mu)+1-log(xbar))));
end

############################## Confidence Interval Test ##############################

function s3 = confidenceinterval(mu,n,xbar,z)
s3=(xbar+(z*(sqrt((xbar+(xbar*(mu-xbar)))/n))))/mu;

################################### CochranTest ###################################

function s4 = cochran(n,n0,xbar)
s4=(n0-(n*exp(-xbar)))/sqrt(n*(exp(-xbar))*(1-(exp(-xbar))-(xbar*(exp(-xbar)))));

############################### Rao-Chakravarti Test ###############################

function s5 = raochakravarti(n,n0,xbar)
s5=(n0-(n*((n-1)/n)^(n*xbar)))/sqrt((n*((n-1)/n)^(n*xbar))-(n*n*((n-1)/n)^(2*n*xbar))+n*(n-
1)*((n-2)/n)^(n*xbar));

################################### Criticalscb1 ###################################

function scb1 = criticalscb1 (zb1,n,b)
replacement=true;
for i = 1:b;
  n0=0;
y=randsample(zb1,n,replacement);
ybar=sum(y)/n;
mu1=ybar;
p0 = exp(-mu1);
for j=1:n;
```

```
  if(y(j)==0);
    n0=n0+1;
  end
end
s1=((n0-(n*p0))^2)/((n*p0*(1-p0))-(n*ybar*p0*p0));
sb1(i)=s1;
end
sortsb1=sort(sb1);
position=0.95*b;
scb1=sortsb1(position);
```

################################## Criticalscb2 ###################################

```
function scb2 = criticalscb2 (zb1,n,b,mu)
replacement=true;
for i = 1:b;
  n0=0;
y=randsample(zb1,n,replacement);
ybar=sum(y)/n;
for j=1:n;
  if(y(j)==0);
    n0=n0+1;
  end
end
if(n0==0)
s2=2*(((n-n0)*(log(ybar/mu)-mu))+(n*ybar*(log(mu)+1-log(ybar))));
else
s2=2*((n0*log(n0/n))+((n-n0)*(log(ybar/mu)-mu))+(n*ybar*(log(mu)+1-log(ybar))));
end
sb2(i)=s2;
end
```

```
sortsb2=sort(sb2);
position=0.95*b;
scb2=sortsb2(position);
```

################################### Criticalscb3 ###################################

```
function scb3 = criticalscb3 (zb1,n,b,mu,z)
replacement=true;
for i = 1:b;
  n0=0;
y=randsample(zb1,n,replacement);
ybar=sum(y)/n;
for j=1:n;
  if(y(j)==0);
    n0=n0+1;
  end
end
s3=(ybar+(z*(sqrt((ybar+(ybar*(mu-ybar)))/n))))/mu;
sb3(i)=s3;
end
sortsb3=sort(sb3);
position=0.05*b;
scb3=sortsb3(position);
```

################################### Criticalscb41 ###################################

```
function scb41 = criticalscb41 (zb1,n,b)
replacement=true;
for i = 1:b;
  n0=0;
```

```
y=randsample(zb1,n,replacement);
ybar=sum(y)/n;
for j=1:n;
   if(y(j)==0);
      n0=n0+1;
   end
end
s4=(n0-(n*exp(-(ybar))))/(sqrt(n*exp(-(ybar))*(1-exp(-(ybar))-(ybar*exp(-(ybar))))));
sb4(i)=s4;
end
sortsb4=sort(sb4);
position1=0.975*b;
scb41=sortsb4(position1);
```

#################################### Criticalscb42 ####################################

```
function scb42 = criticalscb42 (zb1,n,b)
replacement=true;
for i = 1:b;
   n0=0;
y=randsample(zb1,n,replacement);
ybar=sum(y)/n;
for j=1:n;
   if(y(j)==0);
      n0=n0+1;
   end
end
s4=(n0-(n*exp(-(ybar))))/(sqrt(n*exp(-(ybar))*(1-exp(-(ybar))-(ybar*exp(-(ybar))))));
sb4(i)=s4;
end
sortsb4=sort(sb4);
```

```
position2=0.025*b;
scb42=sortsb4(position2);
```

################################### Criticalscb51 ##################################

```
function scb51 = criticalscb51 (zb1,n,b)
replacement=true;
for i = 1:b;
  n0=0;
y=randsample(zb1,n,replacement);
ybar=sum(y)/n;
for j=1:n;
  if(y(j)==0);
    n0=n0+1;
  end
  end
s5=(n0-(n*((n-1)/n)^(n*ybar)))/sqrt((n*((n-1)/n)^(n*ybar))-(n*n*((n-1)/n)^(2*n*ybar))+n*(n-
1)*((n-2)/n)^(n*ybar));
sb5(i)=s5;
end
sortsb5=sort(sb5);
position1=0.975*b;
scb51=sortsb5(position1);
```

################################### Criticalscb52 ###################################

```
function scb52 = criticalscb52 (zb1,n,b)
replacement=true;
for i = 1:b;
  n0=0;
y=randsample(zb1,n,replacement);
```

```
ybar=sum(y)/n;
for j=1:n;
   if(y(j)==0);
      n0=n0+1;
   end
end
s5=(n0-(n*((n-1)/n)^(n*ybar)))/sqrt((n*((n-1)/n)^(n*ybar))-(n*n*((n-1)/n)^(2*n*ybar))+n*(n-
1)*((n-2)/n)^(n*ybar));
sb5(i)=s5;
end
sortsb5=sort(sb5);
position2=0.025*b;
scb52=sortsb5(position2);
```

################################### END PROGRAM ###################################

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวอรวรรณ กลีบบัว
ที่อยู่	191/43 ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย
	จังหวัดนนทบุรี 11130

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2550	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต วิชาเอกสถิติ
	จากมหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม
พ.ศ. 2552	ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์
	บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2550 – 2552	เจ้าหน้าที่คณิตศาสตร์และสถิติ แผนกคณิตศาสตร์ประกันชีวิต
	บริษัท ไทยสมุทรประกันชีวิต จำกัด