

การพัฒนาค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์ กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก*

อำนาจ สุวรรณสันติสุข

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์ กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก โดยใช้สถานการณ์จำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ทดลองหาค่าปรับแก้ กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ ซึ่งได้ทดลองกับตารางขนาด 2×2 , 2×3 และ 3×3 โดยในแต่ละสถานการณ์ทดลองซ้ำเป็นจำนวน 10,000 ครั้ง แล้วคำนวณหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I และทดลองซ้ำ ๆ จนกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ที่ได้เท่ากับหรือใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญที่กำหนดมากที่สุด จึงบันทึกค่าปรับแก้ที่ได้เป็นผลการทดลอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ผลการวิจัยปรากฏว่า

1. สูตรที่ใช้ทดลองหาค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์ กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก คือ
$$\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - C)^2}{E_{ij}}$$
 , เมื่อ C เป็นค่าปรับแก้
2. สำหรับตารางขนาด 2×2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ไม่น้อยกว่า 80% ของจำนวนสถานการณ์การทดลอง ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้น้อยกว่า 80% ของจำนวนสถานการณ์การทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่มากขึ้น สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีขึ้น
3. สำหรับตารางขนาด 2×2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีกว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม และดีกว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์ ที่ใช้ค่าปรับแก้ของเยทส์
4. สำหรับตารางขนาด 2×3 และ 3×3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ไม่น้อยกว่า 80% ของจำนวนสถานการณ์การทดลอง
5. สำหรับตารางขนาด 2×3 และ 3×3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีกว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม

*อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สำราญ มีแจ้ง วิทยานิพนธ์การศึกษาคุณูปกต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2547

DEVELOPMENT OF CHI-SQUARE CORRECTION VALUES FOR CONTINGENCY TABLES WITH SMALL EXPECTED FREQUENCIES*

Amnat Suwansantisuk

Uttaradit Rajabhat University, Thailand

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine chi-square correction values for contingency tables with small expected frequencies. Monte Carlo simulation methods were used to create test contingency tables, and to determine correction values. Ten thousand (10,000) tables were generated for each of several table sizes. Type I error rates were determined using 0.05 and 0.01 levels of significance, under varying correction values and sample size.

Results:

1. The formula tested was $\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - C)^2}{E_{ij}}$, where C is the correction value.

2. For 2×2 contingency tables, the formula controlled for Type I error rates at the 0.05 level in over 80% of cases. Results at the 0.01 level were less reliable. Larger sample sizes resulted in better control at both levels of significance.

3. For 2×2 contingency tables, the formula provided better Type I error rate control over the normal Pearson chi-square test, and over the Pearson test with Yates' correction, at both 0.05 and 0.01 levels.

4. For 2×3 and 3×3 contingency tables, the formula controlled for Type I error rates in over 80% of cases at both the 0.05 and 0.01 levels.

5. For 2×3 and 3×3 contingency tables, the formula provided better error rate control over the normal Pearson chi-square test, at both 0.05 and 0.01 levels.

* Doctoral Dissertation in Educational Research and Evaluation, Naresuan University under the advice of Assoc. Prof. Samran Mejang, Ph.D.

ความนำ

สถิติทดสอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่งในการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ก็คือ สถิติทดสอบไค-สแควร์ ซึ่งใช้ทดสอบข้อมูลได้หลายแบบ เช่น ทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล ทดสอบสัดส่วนของข้อมูล ทดสอบภาวะสารูปสนิทธิ (Goodness of Fit Test) ในการทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูลในตารางการแจกแจงขนาด r แถว c คอลัมน์ด้วยสถิติทดสอบไค-สแควร์นั้น คำนวณจากค่าที่สังเกตได้และความถี่ที่คาดหวังดังนี้

$$\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

เมื่อ O_{ij} คือความถี่ที่ได้จากการสังเกต และ E_{ij} คือความถี่ที่คาดหวัง การทดสอบจากสูตรดังกล่าว ถ้าความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็กจะมีผลต่อความถูกต้องของผลการทดสอบ ดังที่มาร์สคูโลและแมคสวินนี (Marascuilo & McSweeney, 1977: 110) ได้เสนอแนะไว้ว่า ความถี่ที่คาดหวังในแต่ละเซลล์ไม่ควรต่ำกว่า 5 ส่วน คอคแรน (Cochran, 1954) เสนอว่า ความถี่ที่คาดหวังที่น้อยกว่า 5 มิได้ไม่ควรเกิน 20% ของจำนวนเซลล์ทั้งหมด

ในกรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก เยทส์ (Yates) ได้เสนอให้ใช้ค่าปรับแก้ด้วย 0.5 ซึ่งเขาเรียกค่าปรับแก้ที่ว่า ค่าปรับแก้ความต่อเนื่อง (Continuity Correction) ทำให้สูตรการคำนวณเปลี่ยนเป็นดังนี้

$$\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - 0.5)^2}{E_{ij}}$$

การใช้ค่าปรับแก้ตามสูตรของเยทส์นั้น นักสถิติมีความเห็นแตกต่างกันหลายกลุ่ม บางกลุ่มเห็นด้วยว่าควรใช้ บางกลุ่มเห็นว่าไม่ควรใช้เมื่อใช้แล้วจะทำให้ผลการทดสอบมีความคลาดเคลื่อนสูงขึ้น ค่าไค-สแควร์ที่คำนวณจากสูตรปรับแก้ของเยทส์จะให้ผลลัพธ์น้อยกว่าค่าไค-สแควร์ที่คำนวณจากสูตรธรรมดาที่ไม่ได้ปรับแก้ นอกจากนั้น กริซเซิล (Grizzle, 1967: 28-32) ได้ศึกษาพบว่าในทุกกรณีสถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าแก้ของเยทส์มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ไม่ใช้ค่าแก้ของเยทส์นั้น เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I จะใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด แต่เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I จะน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าแก้ของเยทส์ จะยังมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดมากยิ่งขึ้น

จากความเป็นมาดังกล่าวจะเห็นว่าปัญหาการทดสอบด้วยสถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็กก็คือ จะทำให้ผลการทดสอบมีความคลาดเคลื่อนสูง ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ การเสนอค่าปรับแก้ตามสูตรของเยทส์ใช้ได้เฉพาะตารางขนาด 2×2 และยังไม่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาค่าปรับแก้สำหรับสถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล เพื่อให้สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ตามที่กำหนด โดยจำลองการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถควบคุมการทดลองให้เป็นไปตามเงื่อนไขต่าง ๆ ตามต้องการได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก ให้สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ระหว่างสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ของเยทส์ และสถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สำหรับตารางขนาด 2×2
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ระหว่างสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิมกับสถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สำหรับตารางขนาดมากกว่า 2×2

สมมติฐานการวิจัย

1. สำหรับตารางขนาด 2×2
 - 1.1 สถิติทดสอบไค-สแควร์ซึ่งใช้ค่าปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีกว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม
 - 1.2 สถิติทดสอบไค-สแควร์ซึ่งใช้ค่าปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีกว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ของเยทส์
 - 1.3 สถิติทดสอบไค-สแควร์ซึ่งใช้ค่าปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ให้อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 95 % ได้ไม่น้อยกว่า 80 %
2. สำหรับตารางขนาดมากกว่า 2×2
 - 2.1 สถิติทดสอบไค-สแควร์ซึ่งใช้ค่าปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีกว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม
 - 2.2 สถิติทดสอบไค-สแควร์ซึ่งใช้ค่าปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จะสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ให้อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 95 % ได้ไม่น้อยกว่า 80 %

ขอบเขตการวิจัย

1. ขนาดของตารางการันจอร์ที่ศึกษาครั้งนี้ตั้งแต่ 2×2 ถึง 3×3 และค่าความถี่ที่คาดหวังของเซลล์มีขนาดเล็กตั้งแต่ 1 ถึง 5
2. จำนวนเซลล์ซึ่งความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก ศึกษาตั้งแต่ 1,2,3,... จนถึง 25% ของจำนวนเซลล์ทั้งหมด และตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีขนาดตั้งแต่ 5 เท่า จนถึง 10 เท่าของจำนวนเซลล์
3. การศึกษาครั้งนี้ศึกษาเฉพาะที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 และ 0.01
4. เกณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือระดับนัยสำคัญ 0.05, 0.01 และสัดส่วน 0.80
5. การศึกษาครั้งนี้จำลองการทดลองขึ้นในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล ทดลองซ้ำ 10,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์การทดลอง
6. การศึกษาครั้งนี้ศึกษาทั้งกรณีใช้และไม่ใช้ค่าปรับแก้ความต่อเนื่องของเยทส์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งการดำเนินงานเป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นการพัฒนาวิธีการประมาณค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก โดยศึกษาจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนที่ 2 เป็นการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลเพื่อพัฒนาค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก และขั้นตอนที่ 3 เป็นการทดสอบค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้นจากขั้นตอนที่ 2 รายละเอียดมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาวิธีการประมาณค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบด้วยสถิติทดสอบไค-สแควร์ เพื่อรวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางการแก้ปัญหาของการทดสอบด้วยสถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก
2. ศึกษาแนวคิดของการปรับแก้ตามวิธีการของเยทส์
3. เสนอกรอบแนวคิดเพื่อพัฒนาวิธีการประมาณค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก

กรอบแนวคิดการวิจัย

เมื่อความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก $\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$ จะมีการแจกแจงแตกต่างไปจากการแจกแจงไค-สแควร์ตามทฤษฎี อันมีผลทำให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I แตกต่างไปจากระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งความแตกต่างนี้อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าก็ได้

กรณีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด การปรับแก้ก็คือ หาค่าคงที่ C มาลบออกจากไค-สแควร์ที่คำนวณจากสูตร $\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$ ให้มีค่าน้อยลงเพื่อให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I มีค่าใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญมากที่สุด ซึ่งจะได้สูตรที่ปรับแก้เป็น $\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - C)^2}{E_{ij}}$ โดยที่ $C > 0$

ส่วนกรณีความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด การปรับแก้ก็คือ หาค่าคงที่ C มาบวกกับไค-สแควร์ที่คำนวณจากสูตร $\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$ ให้มีค่ามากขึ้นเพื่อให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I มีค่าใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญมากที่สุด ซึ่งจะได้สูตรที่ปรับแก้เป็น $\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| + C)^2}{E_{ij}}$ โดยที่ $C > 0$

เมื่อรวมสูตรปรับแก้ทั้ง 2 สูตรเข้าด้วยกัน จะได้เป็น $\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - C)^2}{E_{ij}}$ โดยที่ C เป็นจำนวนจริงใด ๆ ที่ทำให้สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ตามที่กำหนดได้

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลเพื่อพัฒนาค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก

การทดลองครั้งนี้ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการทดลอง โดยการทดลองมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดขนาดตารางการันจอร์ที่ใช้ในการทดลองโดยเริ่มตั้งแต่ ตารางขนาด 2x2 จนถึง ตารางขนาด 3x3 และกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมีขนาดตั้งแต่ 5 เท่าจนถึง 10 เท่าของจำนวนเซลล์

2. กำหนดจำนวนเซลล์ซึ่งความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก ($E_{ij} \leq 5$) เป็น 1, 2, 3, ... จนถึง 25 % ของจำนวนเซลล์ทั้งหมด

3. สุ่มข้อมูลใส่ตารางการันจอร์และคำนวณค่าความถี่ที่คาดหวัง แล้วคำนวณค่าไค-สแควร์จากสูตร $\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$ ถ้าค่าใดมีค่ามากกว่าค่าไค-สแควร์ที่ระดับนัยสำคัญ นับรวมเป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I และทำซ้ำจำนวน 10,000 ครั้ง

4. คำนวณอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I โดยนำ 10,000 ไปหารผลลัพธ์ในข้อ 3

5. หาค่าปรับแก้ C หลังจากคำนวณค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I แล้ว จะทำให้ทราบว่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I จากการทดลองมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด จากนั้นจึงคำนวณค่า C จากสูตรปรับแก้
$$\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - C)^2}{E_{ij}}$$
 โดยนำข้อมูลที่สุ่มได้จากขั้นที่ 3 มาใช้ในการคำนวณ โดยทดลองแทนค่า C ด้วย 0.01, 0.02, 0.03, ... ถ้าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I จากการทดลองมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด หรือทดลองแทนค่า C ด้วย -0.01, -0.02, -0.03, ... ถ้าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I จากการทดลองมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด แต่ละค่าจะทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง จนกระทั่งได้ค่า C ที่ทำให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญมากที่สุด จึงบันทึกเป็นผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็กที่พัฒนาได้

ในขั้นตอนนี้ได้วางแผนการทดลองโดยกำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ ที่จะทำการศึกษาเหมือนกับการทดลองในขั้นตอนที่ 2 โดยที่การคำนวณค่าไค-สแควร์จากสูตรปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาดังนี้

$$\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - C)^2}{E_{ij}}$$

โดยใช้ค่า C จากผลการทดลองในขั้นตอนที่แล้ว ถ้าค่าไค-สแควร์ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าไค-สแควร์ที่ระดับนัยสำคัญ นับรวมเป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I เมื่อทดลองครบ 10,000 ครั้ง คำนวณอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I หลังจากนั้นเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I จากไค-สแควร์สูตรเดิม ไค-สแควร์สูตรปรับแก้ของเยทส์ (กรณีตารางขนาด 2×2) และไค-สแควร์จากสูตรปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนากับระดับนัยสำคัญที่กำหนดและทดสอบความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ให้อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของไค-สแควร์จากสูตรปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. z-test ใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I กับเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งมีสูตรดังนี้

$$z = \frac{\hat{p} - P}{\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}}$$

$\hat{p}$ คือ อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I จากการทดลอง

P คือ ค่าของเกณฑ์ที่ต้องการทดสอบ

n คือ จำนวนครั้งในการทดลอง

2. z-test ใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I มีสูตรดังนี้

$$z = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}, \hat{p} = \frac{n_1 \hat{p}_1 + n_2 \hat{p}_2}{n_1 + n_2}$$

$\hat{p}_1$ คือ อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ของสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

$\hat{p}_2$ คือ อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ของสถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ต้องการนำมาเปรียบเทียบ

ผลการวิจัย

ข้อค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้จะนำเสนอเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้

การพัฒนาวิธีการประมาณค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็กกระทำโดยอาศัยแนวคิดจากข้อบกพร่องของเขตส์ที่ปรับแก้ด้วย 0.5 ซึ่งนักวิจัยหลายท่านได้สรุปตรงกันว่า ค่าปรับแก้ของเขตส์นั้นจะทำให้สถิติทดสอบมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด มากกว่าที่ยังไม่ปรับแก้ (More Conservative) นอกจากนั้นสูตรปรับแก้ของเขตส์มีเฉพาะตารางขนาด 2x2 เท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาสูตรปรับแก้โดยใช้แนวสูตรปรับแก้ของเขตส์ได้สูตรเป็น

$$\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - C)^2}{E_{ij}}$$

โดยพยายามหาค่า C ที่ทำให้อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I เท่ากับระดับนัยสำคัญที่กำหนด หรือใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญที่กำหนดมากที่สุด ได้ผลเป็นตารางค่าปรับแก้ C ดังตารางที่ 1 และที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าปรับแก้กรณีความถี่ที่คาดหวังขนาดเล็ก ระดับนัยสำคัญ 0.05

ขนาด ตาราง	ขนาด ตัวอย่าง	ค่าปรับแก้กรณีความถี่ที่คาดหวังขนาดเล็ก ระดับนัยสำคัญ 0.05																					
		ขนาดเล็กจำนวน 1 เซลล์					ขนาดเล็กจำนวน 2 เซลล์																
		1	2	3	4	5	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	3,3	3,4	3,5	4,4	4,5	5,5		
2x2	20	-.08	-.10	.09	-.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30	-.08	.03	-.06	.06	.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40	-.12	.01	-.07	.05	.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2x3	30	-.10	-.04	.03	.00	-	-.10	-.06	-.03	-.04	-	-.04	-.03	.00	-	.04	.03	-	-.02	-	-	-	-
	40	-.07	-.03	.00	.01	.02	-.09	-.03	-.05	-.07	-.05	-.02	.00	-.02	-.01	.02	.01	.02	.01	.02	.01	.02	.01
	50	-.08	-.03	.01	.01	.01	-.07	-.04	-.05	-.04	-.03	-.04	-.02	-.01	-.02	-.01	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00
	60	-.08	-.03	.00	.00	.01	-.07	-.04	-.04	-.04	.03	-.04	-.03	-.03	-.03	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.00
3x3	50	-.06	-.03	-.02	.00	-	-.06	-.04	-.03	-.04	-	-.03	-.03	-.02	-	-.01	-.01	-	-.04	-	-	-	-
	60	-.05	-.03	-.02	-.01	.00	-.05	-.04	-.03	-.04	-.04	-.03	-.02	-.02	-.02	-.01	-.01	-.01	.00	.00	.00	.00	.00
	70	-.05	-.03	-.02	.00	.00	-.05	-.03	-.03	-.03	-.04	-.03	-.01	-.02	-.02	-.01	-.01	-.01	-.01	.00	.00	.00	.00
	80	-.05	-.02	-.02	-.01	-.01	-.05	-.03	-.02	-.02	-.03	-.01	-.01	-.02	-.02	-.01	-.01	-.01	-.01	-.01	.00	.00	.00
	90	-.05	-.03	-.01	-.01	.00	-.05	-.02	-.02	-.02	-.03	-.02	-.01	-.01	-.01	-.02	-.01	-.01	-.01	-.01	-.01	-.01	-.01

ตารางที่ 2 ค่าปรับแก้กรณีความถี่ที่คาดหวังขนาดเล็ก ระดับนัยสำคัญ 0.01

ขนาด ตาราง	ขนาด ตัวอย่าง	ค่าปรับแก้กรณีความถี่ที่คาดหวังขนาดเล็ก ระดับนัยสำคัญ 0.01																					
		ขนาดเล็กจำนวน 1 เซลล์					ขนาดเล็กจำนวน 2 เซลล์																
		1	2	3	4	5	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	3,3	3,4	3,5	4,4	4,5	5,5		
2x2	20	-.23	-.06	.04	.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30	-.09	-.10	-.04	.05	-.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40	.13	-.14	-.07	.02	-.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2x3	30	-.15	-.14	-.09	-.02	-	-.18	-.09	-.05	-.13	-	-.12	-.08	-.09	-	-.08	-.05	-	-.02	-	-	-	-
	40	-.17	-.13	-.08	-.02	-.02	-.15	-.14	-.01	-.02	-.11	-.12	-.06	-.05	-.03	-.08	-.07	-.03	-.04	-.02	-.04	-.04	-.04
	50	-.16	-.01	-.06	-.03	-.02	-.13	-.08	-.02	-.01	-.06	-.09	-.06	-.04	-.01	-.08	-.06	-.05	-.03	-.04	-.05	-.04	-.05
	60	-.14	-.03	-.05	-.04	-.03	-.12	-.05	-.02	-.03	-.04	-.09	-.06	-.04	-.02	-.08	-.06	-.06	-.05	-.04	-.05	-.04	-.05
3x3	50	-.11	-.05	-.05	-.04	-	-.11	-.04	-.02	-.04	-	-.06	-.05	-.04	-	-.05	-.04	-	-.05	-	-	-	-
	60	-.10	-.05	-.04	-.03	-.03	-.10	-.04	-.02	-.04	-.05	-.05	-.05	-.04	-.04	-.04	-.04	-.04	-.04	-.03	-.04	-.03	-.03
	70	-.08	-.05	-.04	-.03	-.03	-.08	-.03	-.01	.00	-.04	-.04	-.03	-.04	-.03	-.04	-.04	-.04	-.03	-.04	-.03	-.04	-.02
	80	-.08	-.04	-.03	-.03	-.03	-.08	-.02	.01	.00	-.02	-.02	-.03	-.04	-.03	-.04	-.03	-.03	-.03	-.03	-.03	-.03	-.03
	90	-.06	-.04	-.03	-.03	-.03	-.06	.00	.00	.01	-.01	-.02	-.03	-.03	-.03	-.03	-.04	-.03	-.04	-.04	-.04	-.04	-.03

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I สำหรับตารางขนาด 2x2

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 10 การทดลองจาก 14 การทดลอง คิดเป็น 71.43 % ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิมและสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเยทส์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 5 การทดลองจาก 14 การทดลอง และ 0 การทดลองจาก 14 การทดลอง คิดเป็น 35.71 % และ 0 % ตามลำดับ และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 7 การทดลองจาก 14 การทดลอง คิดเป็น 50.00 % ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิมและสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเยทส์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I

ได้ 2 การทดลองจาก 14 การทดลอง และ 0 การทดลองจาก 14 การทดลอง คิดเป็น 14.29 % และ 0 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า

2.1 สถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีกว่าของสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม สำหรับการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($z = 1.89$; $z > 1.645$) และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($z = 2.02$; $z > 1.645$)

2.2 สถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีกว่าของสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเขทส์ สำหรับการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($z = 3.94$; $z > 1.645$) และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($z = 3.06$; $z > 1.645$)

2.3 สถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าหรือเท่ากับ 0.80 สำหรับการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($z = -0.80$; $z > -1.645$) แต่มีค่าน้อยกว่า 0.80 สำหรับการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($z = -2.81$; $z < -1.645$)

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I สำหรับตารางขนาดสูงกว่า 2×2

สำหรับตารางขนาด 2×3 และ 3×3 จากการทดลองพบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 168 การทดลองจาก 168 การทดลอง คิดเป็น 100.00 % ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 116 การทดลองจาก 168 การทดลอง คิดเป็น 69.05 % ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 168 การทดลองจาก 168 การทดลอง คิดเป็น 100.00 % ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 101 การทดลองจาก 168 การทดลอง คิดเป็น 60.12 % ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า

3.1 สถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีกว่าของสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม สำหรับการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($z = 7.84$; $z > 1.645$) และสำหรับการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($z = 9.12$; $z > 1.645$)

3.2 สถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าหรือเท่ากับ 0.80 สำหรับการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($z = 6.48$; $z > -1.645$) และสำหรับการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($z = 6.48$; $z > -1.645$)

การอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ข้อค้นพบเกี่ยวกับค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์ กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก สำหรับตารางการแจกแจงขนาด 2×2 , 2×3 และ 3×3 ซึ่งข้อค้นพบมีทั้งที่เป็นและไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ผู้วิจัยได้นำมาอภิปรายผลดังนี้

1. การวิจัยปรากฏผลว่า สามารถพัฒนาค่าปรับแก้สถิติทดสอบไค-สแควร์ กรณีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ ซึ่งได้สูตรปรับแก้เป็น $\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - C)^2}{E_{ij}}$ และถ้าแทนค่า C ด้วย 0.5 สูตรปรับแก้ดังกล่าว จะสอดคล้องกับสูตรปรับแก้ของเยทส์ คือ

$$\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - 0.5)^2}{E_{ij}}$$

สูตรปรับแก้ของเยทส์ใช้ปรับแก้สำหรับตารางขนาด 2×2 เท่านั้น ไม่สามารถใช้กับตารางขนาดอื่น ๆ ได้ แต่สูตรปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถใช้กับตารางขนาด 2×2 , 2×3 , 3×3 และตารางขนาดอื่น ๆ ได้อีก

2. การวิจัยสำหรับตารางขนาด 2×2 ปรากฏผลว่า

2.1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 10 การทดลองจาก 14 การทดลอง คิดเป็น 71.43 % ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม และสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเยทส์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 5 การทดลองจาก 14 การทดลอง และ 0 การทดลองจาก 14 การทดลอง คิดเป็น 35.71 % และ 0 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีกว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม และดีกว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเยทส์ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.1 และ 1.2

จากข้อค้นพบดังกล่าวเมื่อตัวอย่างคงไว้มีขนาดเป็น 5 เท่าของขนาดตาราง มีขนาดเท่ากับ 20 พบว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม สถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเยทส์ และสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ไม่ได้ทุกการทดลอง แต่เมื่อตัวอย่างมีขนาด 30 และ 40 พบว่า ไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 10 การทดลองจาก 10 การทดลอง คิดเป็น 100 % ส่วนไค-สแควร์แบบเดิมควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 5 การทดลองจาก 10 การทดลอง คิดเป็น 50 % และสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเยทส์ควบคุมอัตรา

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ไม่ได้เลย สอดคล้องกับงานวิจัยของกริซเซล (Grizzle, 1967: 28-32) ที่ศึกษาพบว่าในทุกกรณีของการทดลองสถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ของเยทส์มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิมนั้น เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้นอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I จะใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด แต่เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิมจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (Conservative) ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ของเยทส์จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดมากยิ่งขึ้น (More Conservative)

2.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 7 การทดลองจาก 14 การทดลอง คิดเป็น 50.00 % ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม และสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเยทส์สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 2 การทดลองจาก 14 การทดลอง และ 0 การทดลองจาก 14 การทดลอง คิดเป็น 14.29 % และ 0 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีกว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม และดีกว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเยทส์ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.1 และ 1.2

จากข้อค้นพบดังกล่าวเมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก มีขนาดเป็น 5 เท่าของขนาดตาราง มีขนาดเท่ากับ 20 พบว่า สถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม สถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเยทส์ ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ไม่ได้ทุกการทดลอง แต่สถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 1 การทดลองจาก 4 การทดลอง คิดเป็น 25 % แต่เมื่อตัวอย่างมีขนาด 30 ไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 2 การทดลองจาก 5 การทดลอง คิดเป็น 40 % ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม และสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเยทส์ ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ไม่ได้ทุกการทดลองเช่นเดียวกัน และเมื่อตัวอย่างมีขนาด 40 ไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 4 การทดลองจาก 5 การทดลอง คิดเป็น 80 % ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิมสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 2 การทดลองจาก 5 การทดลอง คิดเป็น 40 % และสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ของเยทส์ ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ไม่ได้เลย สอดคล้องกับงานวิจัยของกริซเซล (Grizzle, 1967, pp. 28-32) ที่พบว่าในทุกกรณีของการทดลองสถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ของเยทส์มีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ส่วนสถิติทดสอบ

โค-สแควร์แบบเดิมนั้น เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้นอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I จะใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด แต่เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก สถิติทดสอบโค-สแควร์แบบเดิมจะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (Conservative) ส่วนสถิติทดสอบโค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ของเยทส์จะมีอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดมากยิ่งขึ้น (More Conservative)

จากการทดลองดังกล่าวปรากฏว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 100 % สำหรับขนาดตัวอย่าง 30 และ 40 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 80 % สำหรับขนาดตัวอย่าง 40 ควบคุมไม่ได้เฉพาะความถี่คาดหวังขนาดเล็กเป็น 1 เท่านั้น

2.3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สถิติทดสอบโค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 10 การทดลองจาก 14 การทดลอง คิดเป็น 71.43 % เมื่อทดสอบสัดส่วนการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ของประชากร พบว่า คิดเป็นสัดส่วนได้ไม่น้อยกว่า 80 % จริง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.3 ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สถิติทดสอบโค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 7 การทดลองจาก 14 การทดลอง คิดเป็น 50.00 % เมื่อทดสอบสัดส่วนการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ของประชากรพบว่า คิดเป็นสัดส่วนได้ไม่ถึง 80 % ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.3 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเล็กมาก จะเห็นว่าเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น สถิติทดสอบโค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อตัวอย่างมีขนาด 20 สถิติทดสอบโค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 25 % เมื่อตัวอย่างมีขนาด 30 สถิติทดสอบโค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 40 % และเมื่อตัวอย่างมีขนาดเป็น 40 สถิติทดสอบโค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 80 % ควบคุมไม่ได้เฉพาะกรณีความถี่คาดหวังเท่ากับ 1 เท่านั้น

3. การวิจัยสำหรับตารางขนาด 2×3 และ 3×3 ปรากฏผลว่า

3.1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สถิติทดสอบโค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 168 การทดลองจาก 168 การทดลอง คิดเป็น 100.00 % ส่วนสถิติทดสอบโค-สแควร์แบบเดิม สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 116 การทดลองจาก 168 การทดลอง คิดเป็น 69.05 % ส่วนที่

ระดับนัยสำคัญ 0.01 สถิติทดสอบ ไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 168 การทดลองจาก 168 การทดลอง คิดเป็น 100.00 % ส่วนสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 101 การทดลองจาก 168 การทดลอง คิดเป็น 60.12 % ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ดีกว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2.1

จากผลการทดลองดังกล่าวปรากฏว่า เมื่อตารางมีขนาดใหญ่ขึ้น เพิ่มจาก 2×2 เป็น 2×3 และ 3×3 ไม่ว่า ตัวอย่างจะมีขนาด 30, 40, 50, 60, 70, 80 หรือ 90 ก็ตาม จะเห็นว่าสถิติทดสอบไค-สแควร์ปรับแก้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ทุกการทดลอง

3.2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 168 การทดลองจาก 168 การทดลอง คิดเป็น 100.00 % เมื่อทดสอบสัดส่วนการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ของประชากร พบว่า คิดเป็นสัดส่วนได้ไม่น้อยกว่า 80 % จริง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2.2 และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สถิติทดสอบไค-สแควร์ที่ใช้ค่าปรับแก้ตามค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ได้ 168 การทดลองจาก 168 การทดลอง คิดเป็น 100.00 % เมื่อทดสอบสัดส่วนการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ I ของประชากร พบว่า คิดเป็นสัดส่วนได้ไม่น้อยกว่า 80 % จริง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2.2

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ผู้ที่ต้องการนำผลการวิจัยไปใช้ในการทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล โดยใช้สถิติทดสอบไค-สแควร์ให้ดำเนินการดังนี้

1. หากผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิมรายงานว่า มีเซลล์ที่มีความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็กเกินกว่าร้อยละ 20 ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในขณะนี้ว่าไม่สามารถนำผลการทดสอบไปใช้ได้ ให้ผู้ใช้ตรวจสอบดูว่า มีเซลล์ขนาดเล็กกี่เซลล์ ขนาดเซลล์เล็กเป็นเท่าไร ขนาดตัวอย่างเป็นเท่าไร ขนาดตารางเป็นเท่าไร แล้วนำค่าดังกล่าวไปเปิดตารางเพื่อหาค่าปรับแก้ C โดยความถี่ที่คาดหวังขนาดเล็กให้พิจารณาจากตารางดังนี้

ความถี่ที่คาดหวัง	ค่าที่นำไปเปิดตารางหาค่าปรับแก้ C
0.50-1.49	1
1.50-2.49	2
2.50-3.49	3
3.50-4.49	4
4.50-5.00	5

2. นำค่าปรับแก้ C ที่เปิดตารางได้จากข้อ 1 ไปแทนในการคำนวณหาค่าไค-สแควร์จากสูตร

$$\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{(|O_{ij} - E_{ij}| - C)^2}{E_{ij}}$$

3. ตัดสินใจว่า ยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน โดยดำเนินการเช่นเดียวกับการทดสอบด้วยสถิติทดสอบไค-สแควร์แบบเดิม

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ควรมีการทดลองหาค่าปรับแก้สำหรับตัวอย่างขนาดอื่น ๆ เช่น ขนาดตัวอย่าง 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95 เป็นต้น
2. ควรมีการพัฒนาค่าปรับแก้สำหรับตารางขนาดอื่น ๆ เช่น ตารางขนาด 2×4, 3×4, 4×4, 2×5, 3×5, 4×5, 5×5 เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- วิศิษฐ์ เสรีธูโน. (2531). ความแม่นยำในการใช้การทดสอบไค-สแควร์สำหรับการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของสัดส่วนเมื่อความถี่ที่คาดหวังมีขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิจัยการศึกษามหาบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วันทิพย์ เดชชูไชย. (2529). การศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบความเป็นอิสระระหว่างตัวแปร 2 ตัวโดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และการทดสอบไค-สแควร์. วิทยานิพนธ์สถิติศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำราญ มีแจ้ง. (2534). การพัฒนาคำนวณความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบโดยการวิเคราะห์แบบแผนการตอบข้อกระทง. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Cochran, W.G. (1954). Some methods for strengthening the common χ^2 test. *Biometrics*, 10(12), 417-451.
- Grizzle, J. E. (1967). Continuity correction in the χ^2 test for 2x2 tables. *The American Statistician*, 21(4), 28-32.

Neyman, J. & Pearson, E.S. (1931). Further notes on the Chi-square distribution. *Biometrika*, 22 (3/4), 298-305.

Kirk, R.E. (1995). *Experimental design: procedures for the behavioral sciences*. California: Brooks/Cole Publishing Company.

Marascuilo, L.A. & McSweeney, M. (1977). *Nonparametric and Distribution-Free methods for the social sciences*. California: Brooks/Cole Publishing Company.

ผู้วิจัย

อำนาจ สุวรรณสันติสุข เป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ 53000; amnat@uru.ac.th, amnat@hotmail.com คุณวุฒิ กศ.บ. (คณิตศาสตร์) วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, พบ.ม. (สถิติประยุกต์) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กศ.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) มหาวิทยาลัยนเรศวร