รวมบทประยุกต์การใช้สถิติทดสอบไคสแควร์กับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์*

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล [1] สุชาดา บวรกิติวงศ์ [2]

(รับบทความ: 19 เมษายน 2562; แก้ไขบทความ: 19 สิงหาคม 2562; ตอบรับบทความ: 23 สิงหาคม 2562)

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวคิดและการประยุกต์ใช้สถิติทดสอบไคสแควร์กับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ โดยมีการนำเสนอในรูปแบบของการคำนวณค่าสถิติทดสอบด้วยการคำนวณมือและการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS รวมถึงเสนอตัวอย่างการรายงานและการแปลผลข้อมูลงานวิจัยอย่างครอบคลุมและครบถ้วนใน 6 กรณีได้แก่ 1) กรณีตัวอย่าง 1 กลุ่ม 2) กรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มเป็นอิสระกัน 3) กรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มพึ่งพิงกัน 4) กรณีตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มเป็นอิสระกัน 5) กรณีตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มพึ่งพิงกัน และ 6) การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร บทความนี้จะช่วยให้ผู้อ่านที่สนใจได้เข้าใจ เห็นแนวทางในการนำสถิติทดสอบไคสแควร์ไปใช้และสามารถนำสถิติทดสอบไคสแควร์ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานวิจัยได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: สถิติทดสอบไคสแควร์, การประยุกต์ใช้, งานวิจัยทางสังคมศาสตร์

---

* นิสิตปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2562

[1] นิสิตระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, E-mail: chaninan_p@hotmail.com

[2] รองศาสตราจารย์, สาขาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Chi-square Test Application in Social Science Research*

Chaninan Pruekpramool [1] ***Suchada Bowarnkitiwong*** [2]

(Received: April 19, 2019; Revised: August 19, 2019; Accepted: August 23, 2019)

Abstract

This article aimed to present the concept of Chi-square test statistic and its application in social science research. It was presented in forms of hand calculation and using SPSS program to analyze data including providing comprehensive and complete examples of how to report and interpret research data in 6 cases which are 1) one sample case 2) two independent samples case 3) two related samples case 4) more than two independent samples case 5) more than two related samples case and 6) the test of association. This article will help the readers who are interested to see the guidelines of using Chi-square test statistic and its application and to be able to use, properly.

Keywords: Chi-square test, application, social science research

* Master of Education Student, Educational Statistics, Department of Educational Research and Psychology, Faculty of Education, Chulalongkorn University, 2019

[1] Master of Education Student, Educational Statistics, Department of Educational Research and Psychology, Faculty of Education, Chulalongkorn University, E-mail: chaninan_p@hotmail.com

[2] Associate Professor, Educational Statistics, Department of Educational Research and Psychology, Faculty of Education, Chulalongkorn University

บทนำ

สถิติทดสอบไคสแควร์เป็นหนึ่งในเทคนิคการวิเคราะห์ที่สำคัญของสถิติอ้างอิง (inferential statistics) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยทุกสาขามานานนับศตวรรษ ถูกคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 1900 โดย Karl Pearson (สุชาดา บวรกิติวงศ์, 2548: 313; Franke, Ho and Christie, 2012: 449) มีประโยชน์ในการนำไปใช้วิเคราะห์เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์หรือความแตกต่างระหว่างตัวแปรเชิงกลุ่ม (categorical variables) (Franke, Ho and Christie, 2012: 448) หรือข้อมูลที่อยู่ในระดับการวัดมาตรานามบัญญัติ (nominal scale) และจัดลำดับ (ordinal scale) เป็นการทดสอบทางสถิติที่ใช้ข้อมูลในรูปแบบความถี่หรือสัดส่วนหรือข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง (discrete data) (Onchiri, 2013: 1232)

โดยข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบไคสแควร์ ประกอบด้วย 4 ข้อ (สุชาดา บวรกิติวงศ์, 2548: 315) ได้แก่ 1) ความถี่ที่สังเกตได้ต้องเป็นอิสระจากกัน 2) ความถี่ที่คาดหวังควรมีค่าไม่น้อยกว่า 5 ในแต่ละชั้นความถี่ 3) ถ้าความถี่ที่คาดหวังมีค่าน้อยกว่า 5 ควรรวมข้อมูลกับชั้นความถี่อื่น ๆ โดยถ้าความถี่ที่คาดหวังมีค่าน้อยกว่า 5 มากกว่า 20% ของจำนวนชั้นความถี่ไม่ควรใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล และ 4) ผลรวมของความถี่ที่คาดหวังต้องเท่ากับความถี่ที่สังเกตได้เสมอ ถึงแม้สถิติทดสอบไคสแควร์จะถูกใช้อย่างแพร่หลายเป็นระยะเวลานาน แต่ยังปรากฏถึงการตีความที่คลาดเคลื่อน (misinterpreted) ไม่ถูกต้องหรือตีความเกินจากผลที่วิเคราะห์ได้ นำไปสู่การลงข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง (Franke, Ho and Christie, 2012: 448) ทั้งยังพบประเด็นในการโต้แย้งของนักสถิติ เช่น ความน่าเชื่อถือของการทดสอบไคสแควร์ในกรณีความถี่ที่คาดหวัง (expected frequency) ในแต่ละชั้นหรือแต่ละช่องของตารางการณ์จรมีค่าต่ำกว่า 5 หรือกรณีที่ขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30 รวมถึงไคสแควร์จะสามารถใช้ได้เมื่อความถี่ที่คาดหวังมีค่าอย่างน้อยเท่าใด 5 หรือ 10 เป็นต้น (สุชาดา บวรกิติวงศ์, 2548: 313; สุชาดา บวรกิติวงศ์ และสิวะ โชติ ศรีสุทธิยากร, 2560: 212) นอกจากนี้ในส่วนของการประยุกต์ใช้สถิติทดสอบไคสแควร์จากงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่เน้นการศึกษาใน 3 การทดสอบ ได้แก่ 1) การทดสอบความเป็นอิสระ (independence test) 2) การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (goodness of fit test) และ 3) การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของข้อมูล (homogeneity test) (สุชาดา บวรกิติวงศ์, 2548: 313-314; Franke, Ho and Christie, 2012: 449-450; Onchiri, 2013: 1235-1237; Rana and Singhal, 2015: 69) ซึ่งไม่ได้ลงรายละเอียดในเรื่องของจำนวนกลุ่มของตัวอย่างและการนำไปใช้ในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์

ดังนั้นบทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบไคสแควร์และการประยุกต์ใช้ใน 6 กรณี ได้แก่ 1) กรณีตัวอย่าง 1 กลุ่ม (one sample case) 2) กรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มเป็นอิสระกัน (two independent samples case) 3) กรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มพึ่งพิงกัน (two related samples case) 4) กรณีตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มเป็นอิสระกัน (More than two independent samples case) 5) กรณีตัวอย่าง

มากกว่า 2 กลุ่มพึ่งพิงกัน (more than two related samples case) และ 6) การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (test of association) พร้อมทั้งเสนอตัวอย่างการคำนวณ การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้ตัวอย่างข้อมูลจากงานวิจัยทางสังคมศาสตร์และจากผู้เขียนคิดขึ้นอย่างครอบคลุมและครบถ้วนในทุกกรณี โดยมุ่งหวังให้ผู้อ่านได้เข้าใจและสามารถประยุกต์ใช้การทดสอบไคสแควร์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

การประยุกต์ใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์

สถิติทดสอบไคสแควร์สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

เมื่อ χ^2 คือ ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ O_i คือ ความถี่ที่สังเกตได้ (observed frequency) E_i คือ ความถี่ตามทฤษฎี (expected frequency) และ k คือ จำนวนกลุ่มของข้อมูล การประยุกต์ใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ในบทความนี้แบ่งออกเป็น 6 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ตัวอย่าง 1 กลุ่ม (one sample case)

สามารถวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์ 3 การทดสอบ ดังนี้

1) การทดสอบสัดส่วน จากผลการวิจัยของ สรยุทธ จิโรภาส (2558) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการทะเลาะวิวาทของนักศึกษาระดับอนุปริญญา เพศชายจำนวน 364 คน ในจังหวัดสมุทรปราการ ผลการวิจัยแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของนักศึกษาเรื่องประสบการณ์การทะเลาะวิวาท

ประสบการณ์การทะเลาะวิวาท	จำนวนนักศึกษา	ร้อยละ
ไม่มี	234	64.3
มี	130	35.7
รวม	364	100.0

จากตัวอย่าง สามารถกำหนดสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0: สัดส่วนประสบการณ์การทะเลาะวิวาทของนักศึกษาไม่แตกต่างกัน

H_1: สัดส่วนประสบการณ์การทะเลาะวิวาทของนักศึกษาแตกต่างกัน

โดย E_i จะมีค่าเท่ากับ $\frac{364}{2}$ = 182 ทั้ง 2 ชั้นความถี่ สามารถคำนวณสถิติทดสอบไคสแควร์ ได้ดังนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = \frac{(234-182)^2}{182} + \frac{(130-182)^2}{182} = 14.857 + 14.857 = 29.714$$

พิจารณาค่า χ^2 จากตารางที่ระดับขั้นความเป็นอิสระ (degree of freedom หรือ df) มีค่าเท่ากับ k-1 = 2-1 =1 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 มีค่า 3.841 ดังนั้น ค่า χ^2 ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า สัดส่วนประสบการณ์การทะเลาะวิวาทของนักศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนการมีและไม่มีประสบการณ์การทะเลาะวิวาทด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

χ^2	df	Asymp. Sig.
29.714	1	.000

จากตารางที่ 2 ค่า χ^2 มีค่า 29.714 และค่า Asymp. Sig. มีค่า .000 ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า สัดส่วนประสบการณ์การทะเลาะวิวาทของนักศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) การทดสอบความเป็นอิสระ จากผลการวิจัยของ สรยุทธ จิโรภาส (2558: 76) ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของอายุของนักศึกษากับการทะเลาะวิวาท ผลการวิจัยแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความแตกต่างของอายุของนักศึกษากับการทะเลาะวิวาท

อายุ (ปี)	เคยทะเลาะ (ร้อยละ)	ไม่เคยทะเลาะ (ร้อยละ)	รวม (ร้อยละ)
16	113 (31.04)	47 (12.91)	160 (43.95)
17	86 (23.63)	62 (17.03)	148 (40.66)
18	35 (9.62)	21 (5.77)	56 (15.39)
รวม	234 (64.29)	130 (35.71)	364 (100.00)

จากตัวอย่าง สามารถกำหนดสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0: อายุของนักศึกษากับประสบการณ์การทะเลาะวิวาทของนักศึกษาเป็นอิสระจากกัน

H_1: อายุของนักศึกษากับประสบการณ์การทะเลาะวิวาทของนักศึกษาไม่เป็นอิสระจากกัน

คำนวณหา E_{ij} ได้จาก $E_{ij} = \frac{R_i \times C_j}{n}$ เมื่อ R_i คือ ผลรวมความถี่ในแถวที่ i และ C_j คือ ผลรวมของความถี่ในคอลัมน์ j ดังตาราง 4 ค่า χ^2 จากตารางที่ df = (R-1)(C-1) = (3-1)(2-1) =2 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 มีค่า 5.991 ดังนั้น ค่า χ^2 ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า อายุกับประสบการณ์การทะเลาะวิวาทของนักศึกษาเป็นอิสระจากกัน

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณสถิติทดสอบไคสแควร์

ความถี่ที่สังเกตได้ (O_{ij})	**ความถี่ที่คาดหวัง (E_{ij})**	$O_{ij} - E_{ij}$	$(O_{ij} - E_{ij})^2$	$\frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$
$O_{11} = 113$	$E_{11} = \frac{160 \times 234}{364} = 102.85$	10.15	103.02	1.005
$O_{12} = 47$	$E_{12} = \frac{160 \times 130}{364} = 57.14$	-10.14	102.82	1.799
$O_{21} = 86$	$E_{21} = \frac{148 \times 234}{364} = 95.14$	-9.14	83.54	0.878
$O_{22} = 62$	$E_{22} = \frac{148 \times 130}{364} = 52.86$	9.14	83.54	1.580
$O_{31} = 35$	$E_{31} = \frac{56 \times 234}{364} = 36.00$	-1.00	1	0.028
$O_{32} = 21$	$E_{32} = \frac{56 \times 130}{364} = 20.00$	1.00	1	0.050
364	364			$\chi^2 = 5.340$

ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

ตารางที่ 5 ความเป็นอิสระของอายุกับประสบการณ์การทะเลาะวิวาทของนักศึกษาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

χ^2	**df**	**Asymp. Sig.**
5.338	2	.069

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่า χ^2 มีค่า 5.338 และค่า Asymp. Sig. มีค่า .069 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า อายุกับประสบการณ์การทะเลาะวิวาทของนักศึกษาเป็นอิสระจากกัน

1) การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี ผู้เขียนได้กำหนดตัวอย่างเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตของวัยรุ่นไทยมาเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จำนวนชั่วโมงในการใช้อินเทอร์เน็ตใน 1 วันของวัยรุ่นไทย

จำนวนชั่วโมง/วัน	1	2	3	4	5	6	รวม
จำนวนคน (คน)	20	54	62	25	12	27	200

จากตัวอย่าง สามารถกำหนดสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0: จำนวนชั่วโมงการใช้อินเทอร์เน็ตของวัยรุ่นไทยใน 1 วันมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ

H_1: จำนวนชั่วโมงการใช้อินเทอร์เน็ตของวัยรุ่นไทยใน 1 วันมีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ

จากตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของจำนวนชั่วโมงเท่ากับ 3.18 ชั่วโมงต่อวัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.493 โดยคำนวณค่าคะแนนมาตรฐาน z ของแต่ละระดับคะแนน พื้นที่ภายใต้โค้งปกติ และสัดส่วนของพื้นที่ เพื่อนำไปหาค่าความถี่ที่คาดหวังจาก E_i = สัดส่วนพื้นที่ x จำนวนคน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการคำนวณสถิติทดสอบไคสแควร์

จำนวนชั่วโมง/วัน	O_j	$z=\frac{x_i-\bar{x}}{SD}$	พื้นที่ใต้โค้ง	สัดส่วนพื้นที่	Ei	$\frac{(O_{ij}-E_{ij})^2}{E_{ij}}$
1	20	-1.46	.0721	0.0218	4.36	56.10
2	54	-0.79	.2148	0.0649	12.99	129.48
3	62	-0.12	.4522	0.1367	27.35	43.92
4	25	0.55	.7088	0.2143	42.86	7.44
5	12	1.22	.8888	0.2687	53.75	32.43
6	27	1.89	.9706	0.2935	58.69	17.11
รวม	200			1.0000	200	χ^2 =286.48

จากตารางที่ 7 ค่า χ^2 จากตารางที่ระดับขั้นความเป็นอิสระ (df) เท่ากับ k-2-1 = 6-2-1 =3 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 มีค่า 7.815 ดังนั้น ค่า χ^2 ที่คำนวณได้ (χ^2= 286.48) มีค่ามากกว่า (χ^2= 7.815) จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า จำนวนชั่วโมงการใช้อินเทอร์เน็ตของวัยรุ่นไทยใน 1 วันมีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

χ^2	df	Asymp. Sig.
286.46	3	.000

จากตารางที่ 8 พบว่า ค่า χ^2 มีค่า 286.46 และค่า Asymp. Sig. มีค่า .000 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า จำนวนชั่วโมงการใช้อินเทอร์เน็ตของวัยรุ่นไทยใน 1 วันมีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ

กรณีที่ 2 ตัวอย่าง 2 กลุ่มเป็นอิสระกัน (two independent samples case)

เกิดจากการสุ่มตัวอย่างจากกลุ่มประชากรคนละกลุ่ม สามารถวิเคราะห์ด้วย การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของข้อมูล (homogeneity test) เพื่อดูว่าประชากรทั้ง 2 กลุ่ม มีการแจกแจงของสัดส่วนข้อมูลหรือคำตอบเป็นแบบเดียวกันหรือไม่ จากข้อมูลผลการวิจัยของ คู่บุญ ศกุนตนาค (2552: 56) ที่ได้เสนอผลของความสุขในการเรียนรู้แบบอิสระของนักเรียนชายและหญิง จำแนกตามแผนการเรียน ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ความสุขในการเรียนรู้แบบอิสระของนักเรียนของนักเรียนชายและหญิง จำแนกตามแผนการเรียน

เพศ	จำนวนนักเรียนที่มีความสุขในการเรียนรู้แบบอิสระตามแผนการเรียน			รวม
	วิทย์-คณิต	ศิลป์-คำนวณ	ศิลป์-ภาษา	
ชาย	11	6	5	22
หญิง	9	4	8	21
รวม	20	10	13	43

กำหนดสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0: สัดส่วนนักเรียนที่มีความสุขในการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนชายและหญิงไม่แตกต่างกัน

H_1: สัดส่วนนักเรียนที่มีความสุขในการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนชายและหญิงแตกต่างกัน

จากสมมติฐานและตารางที่ 9 คำนวณหาความถี่ที่คาดหวังของแต่ละเซลล์ได้จาก $E_{ij} = \frac{R_i \times C_j}{n}$ ผลการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการคำนวณสถิติทดสอบไคสแควร์

ความถี่ที่สังเกตได้ (O_{ij})	ความถี่ที่คาดหวัง (E_{ij})	$O_{ij} - E_{ij}$	$(O_{ij} - E_{ij})^2$	$\frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$
$O_{11} = 11$	$E_{11} = \frac{22 \times 20}{43} = 10.23$	0.77	0.589	0.058
$O_{12} = 6$	$E_{12} = \frac{22 \times 10}{43} = 5.12$	0.88	0.781	0.153
$O_{13} = 5$	$E_{13} = \frac{22 \times 13}{43} = 6.65$	-1.65	2.726	0.410
$O_{21} = 9$	$E_{21} = \frac{21 \times 20}{43} = 9.77$	-0.77	0.589	0.060
$O_{22} = 4$	$E_{22} = \frac{21 \times 10}{43} = 4.88$	-0.88	0.781	0.160
$O_{23} = 8$	$E_{23} = \frac{21 \times 13}{43} = 6.35$	1.65	2.726	0.429
43	43			$\chi^2 = 1.270$

จากตารางที่ 10 ค่า χ^2 จากตารางที่ df เท่ากับ (R-1)(C-1) = (2-1)(3-1) =2 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 มีค่า 5.991 ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่า χ^2 ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า สัดส่วนนักเรียนที่มีความสุขในการเรียนรู้แบบอิสระในแต่ละแผนการเรียนของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 สัดส่วนนักเรียนที่มีความสุขในการเรียนรู้แบบอิสระในแต่ละแผนการเรียน

χ^2	df	Asymp. Sig.
1.270	2	.530

จากตารางที่ 11 ค่า χ^2 มีค่า 1.270 และค่า Asymp. Sig. มีค่า .530 ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า สัดส่วนนักเรียนที่มีความสุขในการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงไม่แตกต่างกัน

กรณีที่ 3 ตัวอย่าง 2 กลุ่มพึ่งพิงกัน (two related samples case)

กรณีนี้จะใช้การทดสอบของแมคนีมาร์ (McNemar test) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่าง 1 กลุ่ม ก่อนและหลังได้รับการจัดกระทำ (treatment) เพื่อเป็นตัวสะท้อนประสิทธิภาพของตัวแปรจัดกระทำหรือตัวแปรต้นว่ามีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อตัวอย่างหรือไม่ มีข้อกำหนดเบื้องต้น คือ ข้อมูลต้อง

ประกอบด้วย n คู่และจัดเป็นตาราง 2x2 ได้ โดยมีมาตรวัดอยู่ในระดับนามบัญญัติหรือเรียงอันดับ ที่มี 2 กลุ่ม เช่น ผ่าน ไม่ผ่าน หรือ ใช่ ไม่ใช่ เป็นต้น โดยข้อมูลแต่ละคู่ต้องเป็นอิสระจากกัน ผู้เขียนยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้ถุงผ้าของนิสิตจำนวน 60 คน ที่ผ่านการอบรมสร้างความตระหนักเกี่ยวกับภาวะโลกร้อน กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 พฤติกรรมการใช้ถุงผ้าของนิสิตก่อนและหลังการอบรม

พฤติกรรมการใช้ถุงผ้าของนิสิต		**หลังการอบรม**	
		ไม่ใช้ถุงผ้า (-)	ใช้ถุงผ้า (+)
ก่อนการอบรม	ใช้ถุงผ้า (+)	A = 5	B = 12
	ไม่ใช้ถุงผ้า (-)	C = 6	D = 37

จากตารางที่ 12 พบว่า A คือจำนวนนิสิตที่เปลี่ยนพฤติกรรมจาก + เป็น – มีจำนวน 5 คน

B คือจำนวนนิสิตที่ไม่เปลี่ยนพฤติกรรมทาง + มีจำนวน 12 คน

C คือจำนวนนิสิตที่ไม่เปลี่ยนพฤติกรรมทาง - มีจำนวน 6 คน

D คือจำนวนนิสิตที่เปลี่ยนพฤติกรรมจาก - เป็น + มีจำนวน 37 คน

กำหนดสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0: พฤติกรรมการใช้ถุงผ้าของนิสิตก่อนและหลังการอบรมมีการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกัน

H_1: พฤติกรรมการใช้ถุงผ้าของนิสิตก่อนและหลังการอบรมมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน

สามารถหาค่า χ^2 ได้จาก $\chi^2 = \frac{(|A-D|-1)^2}{A+D} = \frac{(|5-37|-1)^2}{5+37} = 22.881$ เมื่อ df =1

ค่า χ^2 จากตารางที่ df =1 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 มีค่า 3.841 ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่า χ^2 ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า พฤติกรรมการใช้ถุงผ้าของนิสิตก่อนและหลังการอบรมมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ถุงผ้าของนิสิตก่อนและหลังการอบรมด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิเคราะห์	**ก่อน & หลัง**
n	60
Chi-Square[b]	22.881
Asymp. Sig.	.000

หมายเหตุ a คือ McNemar Test, b คือ Continuity Corrected

จากตารางที่ 13 ค่า χ^2 มีค่า 22.881 และค่า Asymp. Sig. มีค่า .000 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า พฤติกรรมการใช้ถุงผ้าของนิสิตก่อนและหลังการอบรมมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กรณีที่ 4 ตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มเป็นอิสระกัน (more than two independent samples case)

กรณีนี้ใช้การทดสอบมัธยฐาน (Median test) เพื่อเปรียบเทียบค่ากลางของประชากร k กลุ่มที่อิสระกัน โดยข้อมูลต้องอยู่ในมาตรวัดระดับอันตรภาคหรืออัตราส่วน ผู้เขียนยกตัวอย่าง การศึกษาทักษะทางสังคมของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งมีความแตกต่างกันหรือไม่ ศึกษาระดับชั้นละ 10 คน ด้วยแบบวัดคะแนนเต็ม 40 คะแนน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเป็นดังนี้

ตารางที่ 14 คะแนนทักษะทางสังคมของนักเรียน

คะแนนทักษะทางสังคมของนักเรียน		
มัธยมศึกษาปีที่ 4	**มัธยมศึกษาปีที่ 5**	**มัธยมศึกษาปีที่ 6**
35 12 23 24 15 32 25 26 17 22	17 28 32 34 25 32 35 26 18 20	38 35 30 18 26 32 33 30 16 27

กำหนดสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0: คะแนนของทักษะทางสังคมของนักเรียนที่ระดับชั้นต่างกันไม่แตกต่างกัน

H_1: คะแนนของทักษะทางสังคมของนักเรียนที่ระดับชั้นต่างกันแตกต่างกัน

จากตารางที่ 14 นำคะแนนทั้งหมดมาเรียงจากน้อยไปหามาก จะได้

12 15 16 17 17 18 18 20 22 23 24 25 25 26 **26** **26** 27 28 30 30 32 32 32 32 33 34 35 35 35 38

มัธยฐานของข้อมูลชุดนี้ มีค่า 26 คะแนน จากนั้นทำการนับจำนวนนักเรียนแต่ละระดับชั้นที่มีคะแนนทักษะทางสังคมน้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐาน และมากกว่ากว่าค่ามัธยฐาน แสดงดังตารางที่ 15 และคำนวณหาความถี่ที่คาดหวังของแต่ละเซลล์ได้จาก $E_{ij} = \frac{R_i \times C_j}{n}$ ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 15 ข้อมูลสำหรับการทดสอบมัธยฐาน

กลุ่มข้อมูล	มัธยมศึกษาปีที่ 4	มัธยมศึกษาปีที่ 5	มัธยมศึกษาปีที่ 6	รวม
> 26	2	5	7	14
$\leq$ 26	8	5	3	16
รวม	10	10	10	30

ตารางที่ 16 ผลการคำนวณสถิติทดสอบไคสแควร์

ความถี่ที่สังเกตได้ (O_{ij})	ความถี่ที่คาดหวัง (E_{ij})	$O_{ij} - E_{ij}$	$(O_{ij} - E_{ij})^2$	$\frac{(O_{ij}-E_{ij})^2}{E_{ij}}$
$O_{11} = 2$	$E_{11} = \frac{14\times10}{30} = 4.667$	-2.667	7.111	1.524
$O_{12} = 5$	$E_{12} = \frac{14\times10}{30} = 4.667$	0.333	0.111	0.024
$O_{13} = 7$	$E_{13} = \frac{14\times10}{30} = 4.667$	2.333	5.444	1.167
$O_{21} = 8$	$E_{21} = \frac{16\times10}{30} = 5.333$	2.667	7.111	1.333
$O_{22} = 5$	$E_{22} = \frac{16\times10}{30} = 5.333$	-0.333	0.111	0.021
$O_{23} = 3$	$E_{23} = \frac{16\times10}{30} = 5.333$	-2.333	5.444	1.021
30	30			$\chi^2 = 5.089$

โดยค่า χ^2 จากตารางที่ df เท่ากับ (R-1)(C-1) = (2-1)(3-1) =2 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 มีค่า 5.991 ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่า χ^2 ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า คะแนนทักษะทางสังคมของนักเรียนที่ระดับชั้นต่างกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบมัธยฐานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

χ^2	df	Asymp. Sig.
5.089	2	.079

จากตารางที่ 17 ค่า χ^2 มีค่า 5.089 และค่า Asymp. Sig. มีค่า .079 ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า คะแนนของนักเรียนที่ระดับชั้นต่างกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กรณีที่ 5 ตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มพึ่งพิงกัน (more than two related samples case)

กรณีนี้จะใช้การทดสอบของฟรีดแมน (Friedman test) เพื่อเปรียบเทียบค่ากลางของประชากร k กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน โดยข้อมูลต้องอยู่ในมาตรวัดระดับอันตรภาคขึ้นไป ในการทดสอบสมมติฐานต้องใช้ข้อมูล n บล็อคที่เป็นอิสระกัน แต่ละบล็อคประกอบด้วยตัวแปรจัดกระทำ (treatment) ที่ไม่มีอิทธิพลร่วม k แบบ โดย $k \geq 6$ จะทำให้การทดสอบมีความน่าเชื่อถือ ผู้เขียนยกตัวอย่าง การเข้าร่วมกิจกรรมฐานการเรียนรู้เพื่อฝึกความเป็นผู้นำของชุมชนแห่งหนึ่ง ประกอบด้วย 6 ฐานการเรียนรู้ ผู้เข้าร่วมมา 3 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน และทำการสุ่มฐานให้ผู้เข้าร่วมแต่ละคน หลังกิจกรรมเสร็จสิ้น ได้ทำการทดสอบความเป็นผู้นำของผู้เข้าร่วมคะแนนเต็ม 10 คะแนน แสดงผลได้ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 คะแนนของผู้เข้าร่วมจากการเรียนรู้ผ่านฐานการเรียนรู้ความเป็นผู้นำ

กลุ่มผู้เข้าร่วม	คะแนนจากการเรียนรู้ผ่านฐานการเรียนรู้ความเป็นผู้นำ					
	ฐาน 1	ฐาน 2	ฐาน 3	ฐาน 4	ฐาน 5	ฐาน 6
1	8.5	7.2	5.5	9.0	7.5	6.0
2	9.0	5.0	5.5	8.5	7.5	6.5
3	7.2	7.0	8.5	5.8	7.5	8.0

กำหนดสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0: ผู้เข้าร่วมกิจกรรม 6 ฐาน มีคะแนนด้านความเป็นผู้นำไม่แตกต่างกัน

H_1: ผู้เข้าร่วมกิจกรรม 6 ฐาน มีคะแนนด้านความเป็นผู้นำแตกต่างกันอย่างน้อย 1 ฐาน

ทำการเรียงลำดับคะแนนในแต่ละกลุ่มผู้เข้าร่วมจากน้อยไปหามาก แสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การเรียงลำดับคะแนนในแต่ละกลุ่มผู้เข้าร่วม

กลุ่มผู้เข้าร่วม	คะแนนจากการเรียนรู้ผ่านฐานการเรียนรู้ความเป็นผู้นำ					
	ฐาน 1	ฐาน 2	ฐาน 3	ฐาน 4	ฐาน 5	ฐาน 6
1	5	3	1	6	4	2
2	6	1	2	5	4	3
3	3	2	6	1	4	5
ผลรวม (T_i)	14	6	9	12	12	10
T_i^2	196	36	81	144	144	100

คำนวณค่าความแปรปรวนในการทดสอบของฟรีดแมน ตามสมการดังนี้

$S = \left[\frac{12}{nk(k+1)} \sum_{i=1}^{k} T_i^2\right] - 3n(k+1)$ โดยในตัวอย่างนี้ n=3 และ k=6

$S = \left[\frac{12}{3x6(6+1)}(196+36+81+144+144+100)\right] - 3(3)(6+1)$

S = 66.762 – 63 = 3.762

ค่า χ^2 จากตารางที่ df เท่ากับ (k-1) = (6-1) =5 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 มีค่า 11.070 ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่า χ^2 ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า ผู้เข้าร่วมกิจกรรม 6 ฐานมีคะแนนไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปดังตารางที่ 20

จากตารางที่ 20 ค่า χ^2 มีค่า 3.762 และค่า Asymp. Sig. มีค่า .584 ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า ผู้เข้าร่วมกิจกรรม 6 ฐาน มีคะแนนไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 20 ความแตกต่างของคะแนนด้านความเป็นผู้นำด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ฐานที่	Mean Rank	ผลการวิเคราะห์	
1	4.67	n	3
2	2.00	Chi-Square	3.762
3	3.00	df	5
4	4.00	Asymp. Sig.	.584
5	4.00		
6	3.33		

กรณีที่ 6 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (test of association)

จากงานวิจัยของ บงกช นักเสียง (2558) ที่ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์กับรูปแบบการแก้ปัญหาความขัดแย้งของนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพา ผลการวิจัยแสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ความฉลาดทางอารมณ์กับรูปแบบการแก้ปัญหาความขัดแย้ง

รูปแบบการแก้ปัญหาความขัดแย้ง	ระดับความฉลาดทางอารมณ์			รวม
	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง	
หลีกเลี่ยง	30	31	18	79
ยอมให้	26	25	11	62
แข่งขัน	21	6	3	30
ประนีประนอม	42	71	64	177
ร่วมมือ	52	55	72	179
รวม	171	188	168	527

กำหนดสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0: ความฉลาดทางอารมณ์ไม่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบการแก้ปัญหาความขัดแย้งของนิสิต

H_1: ความฉลาดทางอารมณ์มีความสัมพันธ์กับรูปแบบการแก้ปัญหาความขัดแย้งของนิสิต

จากสมมติฐานและตารางที่ 21 สามารถคำนวณสถิติทดสอบไคสแควร์ โดยคำนวณหาความถี่ที่คาดหวังของแต่ละเซลล์ได้จาก $E_{ij} = \frac{R_i \times C_j}{n}$ ผลการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ 22 และ 23

จากตารางที่ 23 ค่า χ^2 จากตารางที่ df เท่ากับ (R-1)(C-1) = (5-1)(3-1) =8 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 มีค่า 15.507 ดังนั้น ค่า χ^2 ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า ความฉลาดทางอารมณ์มีความสัมพันธ์กับรูปแบบการแก้ปัญหาความขัดแย้งของนิสิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ .05 โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Cramer's V จากสมการ V = $\sqrt{\frac{\chi^2}{n\min(k-1,r-1)}}$ = $\sqrt{\frac{40.58}{527(3-1)}}$ = .196

ตารางที่ 22 ความถี่ที่คาดหวังของแต่ละเซลล์

รูปแบบการแก้ปัญหาความขัดแย้ง	ระดับความฉลาดทางอารมณ์			รวม
	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง	
หลีกเลี่ยง	$E_{11} = \frac{79\times171}{527} = 25.63$	$E_{12} = \frac{79\times188}{527} = 28.18$	$E_{13} = \frac{79\times168}{527} = 25.18$	79
ยอมให้	$E_{21} = \frac{62\times171}{527} = 20.12$	$E_{22} = \frac{62\times188}{527} = 22.12$	$E_{23} = \frac{62\times168}{527} = 19.76$	62
แข่งขัน	$E_{31} = \frac{30\times171}{527} = 9.73$	$E_{32} = \frac{30\times188}{527} = 10.70$	$E_{33} = \frac{30\times168}{527} = 9.56$	30
ประนีประนอม	$E_{41} = \frac{177\times171}{527} = 57.43$	$E_{42} = \frac{177\times188}{527} = 63.14$	$E_{43} = \frac{177\times168}{527} = 56.43$	177
ร่วมมือ	$E_{51} = \frac{179\times171}{527} = 58.08$	$E_{52} = \frac{179\times188}{527} = 63.86$	$E_{53} = \frac{179\times168}{527} = 57.06$	179
รวม	171	188	168	527

ตารางที่ 23 ผลการคำนวณสถิติทดสอบไคสแควร์

ความถี่ที่สังเกตได้ (O_{ij})	ความถี่ที่คาดหวัง (E_{ij})	$O_{ij} - E_{ij}$	$(O_{ij} - E_{ij})^2$	$\frac{(O_{ij}-E_{ij})^2}{E_{ij}}$
O_{11} = 30	E_{11} = 25.63	4.37	19.06	0.74
O_{12} = 31	E_{12} = 28.18	2.82	7.94	0.28
O_{13} = 18	E_{13} = 25.18	-7.18	51.61	2.05
O_{21} = 26	E_{21} = 20.12	5.88	34.60	1.72
O_{22} = 25	E_{22} = 22.12	2.88	8.31	0.38
O_{23} = 11	E_{23} = 19.76	-8.76	76.82	3.89
O_{31} = 21	E_{31} = 9.73	11.27	126.91	13.04
O_{32} = 6	E_{32} = 10.70	-4.70	22.11	2.07
O_{33} = 3	E_{33} = 9.56	-6.56	43.08	4.50
O_{41} = 42	E_{41} = 57.43	-15.43	238.17	4.15
O_{42} = 71	E_{42} = 63.14	7.86	61.74	0.98
O_{43} = 64	E_{43} = 56.43	7.57	57.38	1.02
O_{51} = 52	E_{51} = 58.08	-6.08	36.99	0.64
O_{52} = 55	E_{52} = 63.86	-8.86	78.42	1.23
O_{53} = 72	E_{53} = 57.06	14.94	223.13	3.91
527	527			40.58

ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

χ^2	df	Asymp. Sig.		Value	Asymp. Sig. (2-sided)
40.582	8	.000	Cramer's V	.196	.000

จากตารางที่ 24 ค่า χ^2 มีค่า 40.582 และค่า Asymp. Sig. มีค่า .000 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า ความฉลาดทางอารมณ์มีความสัมพันธ์กับรูปแบบการแก้ปัญหาความขัดแย้งของนิสิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสัมประสิทธิสหสัมพันธ์แบบ Cramer's V มีค่า .196

สรุป

จากตัวอย่างข้อมูลจากงานวิจัยทางสังคมศาสตร์และตัวอย่างข้อมูลที่ผู้เขียนกำหนดขึ้นเพื่อนำเสนอแนวคิดและการประยุกต์ใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของสถิติทดสอบไคสแควร์ที่สามารถนำไปใช้ได้หลากหลายกรณี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อตกลงเบื้องต้นและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเรื่องนั้น ๆ เป็นสำคัญ การนำเสนอตัวอย่างการคำนวณและการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในบทความเรื่องนี้ทั้ง 6 กรณีน่าจะมีส่วนช่วยให้ผู้อ่านได้เห็นภาพการนำสถิติทดสอบไคสแควร์ไปใช้ได้ชัดเจนขึ้นและสามารถประยุกต์ใช้ในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์หรือศาสตร์ด้านอื่น ๆ ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

คู่บุญ ศกุนตนาค. (2552). *ผลของความสอดคล้องระหว่างแบบการเรียนกับแบบการสอนที่มีต่อความสุขในการเรียนรู้ของนักเรียน.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (สาขาวิจัยทางการศึกษา). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

บงกช นักเสียง. (2558). *ความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์กับรูปแบบการแก้ปัญหาความขัดแย้งของนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพา. วารสารวิชาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์,* 23(42): 99-120.

สุชาดา บวรกิติวงศ์. (2548). *สถิติประยุกต์ทางพฤติกรรมศาสตร์.* สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชาดา บวรกิติวงศ์ และสิวะโชติ ศรีสุทธิยากร. (2560). ความแกร่งของสถิติทดสอบไคสแควร์. *วารสารครุศาสตร์,* 44(3): 212-220.

สรยุทธ จิโรภาส. (2558). *ปัจจัยที่มีผลต่อการทะเลาะวิวาทของนักศึกษาในจังหวัดสมุทรปราการ.* วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาสังคมวิทยา). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

Franke, T.M., Ho, T. and Christie, C.A. (2012). The chi-square test: often used and more often misinterpreted. *American Journal of Evaluation,* 33(3): 448-458.

Onchiri, S. (2013). Conceptual model on application of chi-square test in education and social sciences. *Educational Research and Reviews*, 8(15): 1231-1241.

Rana, R. and Singhal, R. (2015). Chi-square test and its application in hypothesis testing. *Journal of the Practice of Cardiovascular Sciences,* 1(1): 69-71.

****