

## การเปรียบเทียบเทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่ม 2 วิธี เสนอโดย

**Warner และ Kuk**

### **Comparison of two Randomized Response Techniques proposed by**

**Warner and Kuk**

ดลชาติ ดันติวานิช และ พรชัย หลายพสุ

ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง กรุงเทพฯ 10520

### **บทคัดย่อ**

เทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่มเป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการสำรวจข้อมูลที่มีลักษณะปกปิด (sensitive) โดยใช้เครื่องมือสุ่มเลือก เพื่อเพิ่มความร่วมมือในการตอบคำถาม และความลับของผู้ถูกสัมภาษณ์ยังคงไม่ถูกเปิดเผย การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบเทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่มที่ใช้ในการประมาณค่าสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิด ( $\pi$ ) 2 วิธี คือ วิธีของ Warner และ วิธีของ Kuk โดยใช้ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ เครื่องมือสุ่มเลือกของ Warner เป็นไฟ 1 สำหรับ ประกอบด้วยไฟสีแดง และไฟสีดำ โดยที่สัดส่วนของไฟสีแดง ( $p_1$ ) ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า สำหรับวิธีของ Kuk ประกอบด้วยไฟสีแดง และสีดำ 2 สำหรับ โดยกำหนดสัดส่วนของไฟสีแดงในไฟสำหรับที่หนึ่งเท่ากับวิธีของ Warner และ สัดส่วนของไฟสีแดงในไฟสำหรับที่สองเท่ากับ  $p_2$  การวิจัยครั้งนี้ใช้  $p_1 = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$  และ  $p_2 = 0.1, 0.2, 0.3, \dots, 0.9$  ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ ที่  $p_1 = 0.6, 0.7, 0.8$  และ  $p_2 = 0.1$  วิธีของ Kuk สามารถนำไปใช้ประมาณค่าสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีของ Warner ทุกค่า  $\pi$  ส่วน วิธีของ Warner จะมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีของ Kuk ที่  $p_1 = 0.6, 0.7, 0.8$  และ  $p_2 = 0.5$  ทุกค่า  $\pi$  สำหรับ  $p_1$  ที่ 0.9 วิธีของ Warner มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีของ Kuk ทุกค่า  $p_2$  ยกเว้นเมื่อ  $p_2 = 0.1$  ทั้งสองวิธีมีประสิทธิภาพเท่ากัน

### Abstract

Randomized response techniques are used in survey dealing with sensitive characteristics to increase respondent cooperation on the confidentiality of their responses by using randomizing device. The objective of this study is to compare two Randomized Response Techniques proposed by Warner and Kuk in order to estimate population proportion with sensitive characteristics ( $\pi$ ) by using Relative Efficiency (RE). Warner's randomizing device is a deck of red and black cards in which the proportion of red cards ( $p_1$ ) is given in advance. Kuk's randomizing device is comprised of 2 decks of red and black cards. The proportion of red cards in the first deck is the same as Warner's and the proportion of red cards in the second deck is  $p_2$ . In this study, Using  $p_1 = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$  and  $p_2 = 0.1, 0.2, 0.3, \dots, 0.9$ . The results of this study can be summarized as follows. For  $p_1 = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$  and  $p_2 = 0.1$ , Kuk's method is more efficient than Warner's method for all values of  $\pi$ . Warner's method is more efficient than Kuk's method when  $p_1 = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$  and  $p_2 = 0.5$  for all values of  $\pi$ . When  $p_1 = 0.9$ , Warner's method is more efficient than Kuk's method for all  $p_2$  except for  $p_2 = 0.1$ , the two methods have the same efficiency.

**คำสำคัญ:** เทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่ม เครื่องมือสุ่มเลือก ข้อมูลที่มีลักษณะปกปิด

### 1. บทนำ

ในการสำรวจตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีลักษณะปกปิด (sensitive) โดยวิธีการสัมภาษณ์ เรามักจะพบว่า ผู้ถูกสัมภาษณ์ส่วนใหญ่ไม่ค่อยให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม หรือตอบคำถามไม่ตรงตามความเป็นจริง Warner (1965) ได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยให้ผู้ถูกสัมภาษณ์เลือกตอบคำถามอย่างสุ่ม 1 ข้อ จากคำถาม 2 ข้อที่เกี่ยวข้องกัน (related questions) โดยที่ผู้สัมภาษณ์จะไม่ทราบว่าสุ่มได้คำถามใด ซึ่งคำถามหนึ่งเป็นเรื่องปกปิดที่ต้องการศึกษา อีกคำถามหนึ่งเป็นนิเสธของคำถามแรก เช่น ถ้าคำถามแรก คือ “ท่านเคยหลีกเลียงการเสียภาษี ใช่หรือไม่” คำถามที่สองจะเป็น “ท่านไม่เคยหลีกเลียงการเสียภาษี ใช่หรือไม่” เป็นต้น วิธีการดังกล่าวเรียกว่า เทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่ม (Randomized Response Technique :RRT) ต่อมา มีผู้วิจัยอีกหลายคนได้พัฒนาเทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่ม เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการสำรวจในชีวิตจริง เช่น Greenberg et al. (1969), Lanke (1975), Chaudhuri and Mukerjee (1988), Mangat and Singh (1990) และ Kuk (1990) เป็นต้น

การประมาณค่าสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิด ( $\pi$ ) โดยวิธีของ Warner เครื่องมือสุ่มเลือก (randomizing device) ประกอบด้วยไฟสีแดง และสีดำ 1 สำหรับ ในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า การตอบคำถาม ถ้าผู้ถูกสัมภาษณ์สุ่มได้ไฟสีแดง ให้ตอบคำถามว่า “ท่านเคยหลีกเลี่ยงการเสพยา ไซหรือไม” ถ้าผู้ถูกสัมภาษณ์สุ่มได้ไฟสีดำ ให้ตอบคำถามว่า “ท่านไม่เคยหลีกเลี่ยงการเสพยา ไซหรือไม” วิธีของ Kuk แตกต่างจากวิธีของ Warner ในเครื่องมือสุ่มเลือกที่ใช้และวิธีการตอบคำถาม เครื่องมือสุ่มเลือกของ Kuk ประกอบด้วยไฟสีแดง และสีดำ 2 สำหรับ ในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า การตอบคำถาม ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ดึงไฟ 1 ใบ จากแต่ละสำหรับอย่างสุ่ม ถ้าผู้ถูกสัมภาษณ์มีลักษณะปกปิด เช่น ท่านเคยหลีกเลี่ยงการเสพยา ไซ เป็นต้น ให้บอกสีไฟที่ดึงได้จากไฟสำหรับที่หนึ่ง แต่ถ้าผู้ถูกสัมภาษณ์ไม่มีลักษณะปกปิด เช่น ท่านไม่เคยหลีกเลี่ยงการเสพยา ไซ เป็นต้น ให้บอกสีไฟที่ดึงได้จากไฟสำหรับที่สอง

เนื่องจากเทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่มของ Warner และ Kuk มีลักษณะของคำถามที่เหมือนกัน คือคำถามหนึ่งเป็นเรื่องที่ปกปิด อีกคำถามหนึ่งเป็นนิเสธของคำถามแรก แต่ต่างกันตรงเครื่องมือสุ่มเลือก และวิธีการตอบคำตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะเปรียบเทียบเทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่ม ซึ่งเสนอโดย Warner (1965) และ Kuk (1990) เบื้องต้นในเชิงทฤษฎี เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ทำการสำรวจข้อมูลที่มีลักษณะปกปิด

## 2. วิธีการวิจัย

### 1. ทบทวนเทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่มที่พัฒนาโดย Warner (1965) และ Kuk (1990)

เทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่มที่เสนอโดย Warner เป็นการประมาณค่าสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิด ( $\pi$ ) เราสุ่มตัวอย่างแบบแทนที่ขนาด  $n$  จากประชากร  $N$  เครื่องมือสุ่มเลือกประกอบด้วยไฟสีแดง และสีดำ 1 สำหรับ ในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า การตอบคำถาม ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์สับไฟจนเข้ากันดี แล้วดึงไฟ 1 ใบ จากไฟสำหรับนั้น โดยไม่ให้ผู้สัมภาษณ์ทราบว่า เป็นไฟสีอะไร ถ้าดึงไฟได้สีแดงให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบคำถามปกปิดที่ต้องการศึกษาตามความเป็นจริง เช่น “ท่านเคยหลีกเลี่ยงการเสพยา ไซหรือไม” เป็นต้น ถ้าดึงไฟได้สีดำ ให้ตอบคำถามข้อสอง ซึ่งเป็นนิเสธของคำถามแรก เช่น “ท่านไม่เคยหลีกเลี่ยงการเสพยา ไซหรือไม” เป็นต้น

ถ้าผู้ถูกสัมภาษณ์  $n$  คน ตอบคำถามโดยใช้เครื่องมือสุ่มเลือกดังกล่าวตามความเป็นจริง และมีผู้ตอบ “ใช่” จำนวน  $n_1$  คน แล้ว ตัวประมาณค่าภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood estimator) ของสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิด ( $\hat{\pi}_w$ ) จะเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงและความแปรปรวน ดังนี้

$$\hat{\pi}_w = \frac{n_1}{n(2p_1-1)} - \frac{1-p_1}{2p_1-1}, \quad p_1 \neq \frac{1}{2}$$

$$\text{และ } \text{Var}(\hat{\pi}_w) = \frac{\pi(1-\pi)}{n} + \frac{p_1(1-p_1)}{n(2p_1-1)^2}$$

โดยที่  $\pi$  เป็นสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิด

$p_1$  แทนสัดส่วนของไฟสีแดงในไฟสำหรับนั้น หรือความน่าจะเป็นที่ผู้ถูกสัมภาษณ์จะสุ่มได้คำถามที่มีลักษณะปกปิด

เทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่มที่เสนอโดย Kuk (1990) เป็นการประมาณค่าสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิด ( $\pi$ ) เราสุ่มตัวอย่างแบบแทนที่ขนาด  $n$  จากประชากร  $N$  เครื่องมือสุ่มเลือกประกอบด้วยไฟสีแดง และสีดําในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า จำนวน 2 สำหรับการตอบคำถาม ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์สับไฟแต่ละสำหรับจนเข้ากันดี แล้วดึงไฟ 1 ใบ จากไฟแต่ละสำหรับ ถ้าผู้ถูกสัมภาษณ์เคยหลีกเลี่ยงการเสียภาษี ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์บอกสีไฟที่ดึงได้จากไฟสำหรับที่หนึ่ง แต่ถ้าผู้ถูกสัมภาษณ์ไม่เคยหลีกเลี่ยงการเสียภาษี ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์บอกสีไฟที่ดึงได้จากไฟสำหรับที่สอง

ถ้าผู้ถูกสัมภาษณ์  $n$  คน ตอบคำถามโดยใช้เครื่องมือสุ่มเลือกดังกล่าวตามความเป็นจริง และมีผู้ตอบว่าไฟที่ดึงได้เป็นสีแดง จำนวน  $n_1$  คน แล้ว ตัวประมาณค่าภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood estimator) ของสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิด ( $\hat{\pi}_k$ ) จะเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงและความแปรปรวน ดังนี้

$$\hat{\pi}_k = \frac{n_1}{n(p_1-p_2)} - \frac{p_2}{(p_1-p_2)}, \quad p_1 \neq p_2$$

$$\text{และ } \text{Var}(\hat{\pi}_k) = \frac{\pi(1-\pi)}{n} + \frac{\pi(1-p_1-p_2)}{n(p_1-p_2)} + \frac{p_2(1-p_2)}{n(p_1-p_2)^2}$$

โดยที่  $\pi$  เป็นสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิด

$p_1$  แทนสัดส่วนของไฟสีแดงในไฟสำหรับที่หนึ่งซึ่งเท่ากับสัดส่วนของไฟสีแดงในเครื่องมือสุ่มเลือกของ Warner

$p_2$  แทนสัดส่วนของไฟสีแดงในไฟสำหรับที่สอง

และ ตัวประมาณ  $\hat{\pi}_k$  เท่ากับ  $\hat{\pi}_w$  ถ้า  $p_2 = 1-p_1$

## 2. ขอบเขตของการวิจัย

2.1 กำหนดสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิด ( $\pi$ ) มีค่าอยู่ในช่วง  $[0.1,1]$  โดยเริ่มต้นจาก 0.1 และเพิ่มครั้งละ 0.1

2.2 สัดส่วนของไฟสีแดงในเครื่องมือสุ่มเลือกของ Warner ( $p_1$ ) เท่ากับสัดส่วนของไฟสีแดงในไฟสำหรับที่หนึ่งในเครื่องมือสุ่มเลือกของ Kuk การกำหนดค่า  $p_1$  นั้น Greenberg et al. (1969) แนะนำว่า  $p_1$  ที่เหมาะสมในทางปฏิบัติควรมีค่ามากพอ เช่น  $p_1 > \frac{1}{2}$  ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงกำหนดให้  $p_1$  มีค่าเป็น 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9

2.3 สัดส่วนของไฟสีแดงในไฟสำหรับที่สอง ( $p_2$ ) ในเครื่องมือสุ่มเลือกของ Kuk มีค่า 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณที่เสนอโดย Warner ( $\hat{\pi}_w$ ) กับตัวประมาณที่เสนอโดย Kuk ( $\hat{\pi}_k$ ) ใช้ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency: RE) ดังนี้

$$RE(\hat{\pi}_k, \hat{\pi}_w) = \frac{Var(\hat{\pi}_w)}{Var(\hat{\pi}_k)}$$

ถ้า  $RE(\hat{\pi}_k, \hat{\pi}_w) < 1$  หมายความว่า  $\hat{\pi}_w$  มีประสิทธิภาพมากกว่า  $\hat{\pi}_k$

$RE(\hat{\pi}_k, \hat{\pi}_w) = 1$  หมายความว่า  $\hat{\pi}_w$  มีประสิทธิภาพเท่ากับ  $\hat{\pi}_k$

$RE(\hat{\pi}_k, \hat{\pi}_w) > 1$  หมายความว่า  $\hat{\pi}_k$  มีประสิทธิภาพมากกว่า  $\hat{\pi}_w$

ในงานวิจัยนี้ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณจะพิจารณาในกรณีที่  $p_1 \neq p_2$  เพราะถ้า  $p_1 = p_2$  แล้ว วิธีของ Kuk ไม่สามารถหาค่าประมาณสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิดได้

### 3. ผลการวิจัย

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณค่าสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิด ( $\pi$ ) โดยเทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่มซึ่งเสนอโดย Warner ( $\hat{\pi}_w$ ) และ Kuk ( $\hat{\pi}_k$ ) โดยใช้ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของ  $\hat{\pi}_K$  เทียบกับ  $\hat{\pi}_W$  ที่แต่ละค่าของ  $\pi$ ,  $p_2$  เมื่อ  $p_1 = 0.6$ 

| $P_2$ | $\pi$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 0.1   | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1    |
| 0.1   | 11.94 | 9.63 | 8.28 | 7.43 | 6.87 | 6.50 | 6.27 | 6.16 | 6.15 | 6.25 |
| 0.2   | 5.34  | 4.89 | 4.57 | 4.33 | 4.17 | 4.05 | 3.98 | 3.95 | 3.96 | 4.00 |
| 0.3   | 2.48  | 2.41 | 2.35 | 2.31 | 2.27 | 2.25 | 2.24 | 2.23 | 2.24 | 2.25 |
| 0.4   | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.5   | 0.24  | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 0.7   | 0.29  | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.27 | 0.27 | 0.26 | 0.26 | 0.25 |
| 0.8   | 1.42  | 1.35 | 1.29 | 1.24 | 1.19 | 1.15 | 1.11 | 1.07 | 1.03 | 1.00 |
| 0.9   | 4.85  | 4.13 | 3.63 | 3.27 | 3.00 | 2.79 | 2.61 | 2.47 | 2.35 | 2.25 |

จากตารางที่ 1 สำหรับทุกค่า  $\pi$  ที่  $p_1 = 0.6$  พบว่า ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่ามากกว่า 1 เมื่อ  $p_2 = 0.1, 0.2, 0.3, 0.8$  (ยกเว้นที่  $\pi = 1$  ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 1) และ 0.9 นั่นคือ ตัวประมาณค่าสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิดที่เสนอโดย Kuk มีประสิทธิภาพมากกว่าของ Warner เมื่อ  $p_2 = 0.4$  ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 1 นั่นคือ วิธีของ Kuk มีประสิทธิภาพเท่ากับวิธีของ Warner และ เมื่อ  $p_2 = 0.5$  และ 0.7 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่าน้อยกว่า 1 นั่นคือ วิธีของ Warner มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีของ Kuk

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของ  $\hat{\pi}_K$  เทียบกับ  $\hat{\pi}_W$  ที่แต่ละค่าของ  $\pi$ ,  $p_2$  เมื่อ  $p_1 = 0.7$ 

| $P_2$ | $\pi$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 0.1   | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1    |
| 0.1   | 3.76  | 3.09 | 2.72 | 2.49 | 2.34 | 2.25 | 2.20 | 2.18 | 2.19 | 2.25 |
| 0.2   | 1.87  | 1.75 | 1.67 | 1.62 | 1.58 | 1.55 | 1.54 | 1.53 | 1.54 | 1.56 |
| 0.3   | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.4   | 0.52  | 0.53 | 0.55 | 0.56 | 0.57 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.57 | 0.56 |
| 0.5   | 0.23  | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.25 |
| 0.6   | 0.06  | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.06 |
| 0.8   | 0.09  | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.06 |
| 0.9   | 0.53  | 0.49 | 0.45 | 0.42 | 0.39 | 0.36 | 0.33 | 0.31 | 0.28 | 0.25 |

จากตารางที่ 2 สำหรับทุกค่า  $\pi$  ที่  $p_1 = 0.7$  พบว่า ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่ามากกว่า 1 เมื่อ  $p_2 = 0.1$  และ  $0.2$  นั่นคือ ตัวประมาณค่าสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิดที่เสนอโดย Kuk มีประสิทธิภาพมากกว่าของ Warner เมื่อ  $p_2 = 0.3$  ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 1 นั่นคือ วิธีของ Kuk มีประสิทธิภาพเท่ากับวิธีของ Warner และเมื่อ  $p_2 = 0.4, 0.5, 0.6, 0.8$  และ  $0.9$  ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่าน้อยกว่า 1 นั่นคือ วิธีของ Warner มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีของ Kuk

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของ  $\hat{\pi}_K$  เทียบกับ  $\hat{\pi}_W$  ที่แต่ละค่าของ  $\pi$ ,  $p_2$  เมื่อ  $p_1 = 0.8$

| $p_2$ | $\pi$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 0.1   | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1    |
| 0.1   | 1.86  | 1.62 | 1.50 | 1.42 | 1.38 | 1.34 | 1.33 | 1.32 | 1.33 | 1.36 |
| 0.2   | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.3   | 0.59  | 0.63 | 0.66 | 0.68 | 0.70 | 0.71 | 0.72 | 0.72 | 0.71 | 0.69 |
| 0.4   | 0.35  | 0.39 | 0.42 | 0.44 | 0.46 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.47 | 0.44 |
| 0.5   | 0.19  | 0.22 | 0.24 | 0.26 | 0.28 | 0.28 | 0.29 | 0.28 | 0.27 | 0.25 |
| 0.6   | 0.09  | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.13 | 0.13 | 0.11 |
| 0.7   | 0.03  | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 |
| 0.9   | 0.06  | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 |

จากตารางที่ 3 สำหรับทุกค่า  $\pi$  ที่  $p_1 = 0.8$  พบว่า ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่ามากกว่า 1 เมื่อ  $p_2 = 0.1$  นั่นคือ ตัวประมาณค่าสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิดที่เสนอโดย Kuk มีประสิทธิภาพมากกว่าของ Warner เมื่อ  $p_2 = 0.2$  ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 1 นั่นคือ วิธีของ Kuk มีประสิทธิภาพเท่ากับวิธีของ Warner และเมื่อ  $p_2 = 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7$  และ  $0.9$  ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่าน้อยกว่า 1 นั่นคือ วิธีของ Warner มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีของ Kuk

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของ  $\hat{\pi}_K$  เทียบกับ  $\hat{\pi}_W$  ที่แต่ละค่าของ  $\pi$ ,  $p_2$  เมื่อ  $p_1 = 0.9$ 

| $P_2$ | $\pi$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 0.1   | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1    |
| 0.1   | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 0.2   | 0.57  | 0.66 | 0.71 | 0.75 | 0.77 | 0.79 | 0.80 | 0.81 | 0.80 | 0.77 |
| 0.3   | 0.36  | 0.44 | 0.51 | 0.55 | 0.59 | 0.61 | 0.63 | 0.63 | 0.62 | 0.56 |
| 0.4   | 0.23  | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.43 | 0.45 | 0.47 | 0.47 | 0.45 | 0.39 |
| 0.5   | 0.15  | 0.20 | 0.24 | 0.27 | 0.30 | 0.32 | 0.33 | 0.33 | 0.31 | 0.25 |
| 0.6   | 0.09  | 0.12 | 0.15 | 0.17 | 0.19 | 0.20 | 0.21 | 0.20 | 0.18 | 0.14 |
| 0.7   | 0.05  | 0.06 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.06 |
| 0.8   | 0.02  | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |

จากตารางที่ 4 สำหรับทุกค่า  $\pi$  ที่  $p_1 = 0.9$  พบว่า ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อ  $p_2 = 0.1$  นั่นคือ ตัวประมาณค่าสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิดที่เสนอโดย Kuk มีประสิทธิภาพเท่ากับของ Warner เมื่อ  $p_2 = 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7$  และ  $0.8$  ประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่าน้อยกว่า 1 นั่นคือ วิธีของ Warner มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีของ Kuk

#### 4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษารั้งนี้ เป็นการเปรียบเทียบเทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่ม 2 วิธี ซึ่งเสนอโดย Warner และ Kuk โดยใช้ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ วิธีของ Kuk สามารถนำไปใช้ประมาณค่าสัดส่วนของประชากรที่มีลักษณะปกปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีของ Warner สำหรับทุกค่า  $\pi$  ที่  $p_1 = 0.6$  และ  $p_2 = 0.1, 0.2, 0.3, 0.8$  (ยกเว้นที่  $\pi = 1$  ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เท่ากับ 1) และ  $0.9$  ที่  $p_1 = 0.7$  และ  $p_2 = 0.1, 0.2$  และ ที่  $p_1 = 0.8$  และ  $p_2 = 0.1$  ส่วนวิธีของ Warner จะมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีของ Kuk สำหรับทุกค่า  $\pi$  ที่  $p_1 = 0.6$  และ  $p_2 = 0.5, 0.7$  ที่  $p_1 = 0.7$  และ  $p_2 = 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 0.9$  และ ที่  $p_1 = 0.8$  และ  $p_2 = 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.9$  สำหรับ  $p_1$  ที่  $0.9$  วิธีของ Warner มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีของ Kuk ทุกค่า  $p_2$  ยกเว้น เมื่อ  $p_2 = 0.1$  ทั้งสองวิธีมีประสิทธิภาพเท่ากัน การใช้ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบบอกได้แต่เพียงว่าวิธีไหนดีกว่าวิธีไหนมากน้อยแค่ไหน ในเชิงทฤษฎีเท่านั้น ไม่ได้บอกประสิทธิภาพที่แท้จริงของแต่ละวิธี ถ้าต้องการทราบประสิทธิภาพที่แท้จริงจะต้องนำเทคนิคทั้งสองไปทดลองใช้กับตัวอย่างที่ทราบว่าใครมีลักษณะที่ปกปิด เช่น ในสถานพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชน เป็นต้น นอกจากนั้น การตัดสินใจเลือกใช้ค่า  $p_1$  และ  $p_2$  ที่เหมาะสม จะทำให้ผู้ถูกสัมภาษณ์เกิดความมั่นใจในเทคนิคการเลือกตอบคำถามอย่างสุ่ม และให้

ความร่วมมือในการตอบคำถามตามความเป็นจริงมากขึ้น การศึกษาครั้งนี้ยังมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าผู้  
ถูกสัมภาษณ์ทุกคนจะต้องตอบคำถามตามข้อตกลงที่กำหนดไว้ในการใช้เครื่องมือสุ่มเลือกตามความ  
เป็นจริง ถ้าผู้ถูกสัมภาษณ์บางคนโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่มีลักษณะปกปิดไม่เชื่อว่าเทคนิคทั้งสองนี้จะ  
ปกปิดความลับได้ อาจตอบคำถามไม่ตรงความเป็นจริง ผลการวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถใช้กับกรณี  
ดังกล่าวได้ ดังนั้น เราควรศึกษาเพิ่มเติมในกรณีที่บางส่วนของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่มีลักษณะปกปิดตอบ  
คำถามไม่ตรงตามความเป็นจริง เพื่อขยายการสรุปผลให้ครอบคลุมมากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Chaudhuri A, Mukerjee R. **Randomized Response: Theory and Techniques**. Marcel Dekker, New York, 1988.
- [2] Greenberg, B.G., Abul-Ela, Abdel-Latif, A., Simmons, W.R., and Horvitz, D.G. "The unrelated question randomized response model: theoretical framework." **Journal of the American Statistical Association**. 1969, 60, 520-539.
- [3] Kuk, A.Y.C., "Asking sensitive questions indirectly.", **Biometrika**. 1990, 77, 436 -438
- [4] Lanke,J., "On the choice of the unrelated question in Simmons version of randomized response." **Journal of the American Statistical Association**. 1975, 70, 80-83.
- [5] Mangat, N.S., Singh R., "An alternative randomized response procedure.", **Biometrika**. 1990, 77, 439-442.
- [6] Warner, S. L., "Randomized response : a survey technique for eliminating evasive answer bias." **Journal of the American Statistical Association**. 1965, 60, 63-69.