



การจำลองข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพของการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ ชนิดผสม

A Simulation – Based Evaluation of Mixed Systematic Sampling Design

นภสร รัตนวุฒิจจร^{1*} และ นัท กุลวานิช¹

Napasorn Rattanawuttikajohn^{1*} and Nat Kulvanich¹

¹ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

¹Department of Statistics, Faculty of Commerce and Accountancy, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: jnnapasorn@gmail.com

Received: 13 July 2022 | Revised: 22 August 2022 | Accepted: 29 August 2022

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสม (Mixed Systematic Random Sampling : MRSS) กับการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลม (Circular Systematic Sampling : CSS) และการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบโดยใช้ช่วงเศษส่วน (Fractional Interval) สำหรับกรณีช่วงของการเลือกตัวอย่างไม่เป็นจำนวนเต็ม เมื่อประชากรมีแนวโน้มเชิงเส้น ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบทั้ง 3 วิธีด้วยค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE) ผลการศึกษาพบว่า ตัวประมาณค่าเฉลี่ยที่ได้จากวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสม มีแนวโน้มที่จะให้ค่า MSE สูงที่สุด เมื่อเทียบกับการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลมและการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบโดยใช้ช่วงเศษส่วน

ABSTRACT

The objectives of this research were to use Mixed Systematic Random Sampling (MRSS), Circular Systematic Sampling (CSS), and Fractional Interval for circumstances when the sample selection range was not an integer. When a population trends linearly with mean square error (MSE) and the efficiency of all three systematic sampling methods is compared with relative efficiency (RE). The findings indicate that Mixed Systematic Random Sampling (MRSS) produced the greatest MSE values when compared to Circular Systematic Sampling (CSS) and Fractional Interval.

คำสำคัญ: การเลือกตัวอย่างมีระบบแบบผสม การจำลองข้อมูล

Keywords: Mixed Systematic Random Sampling, Simulation

บทนำ

ในการดำเนินการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากรเพื่อตอบคำถามหรือปัญหา มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะข้อมูลที่ถูกละเลือกจากประชากรแล้วนำมาวิเคราะห์นั้นจะต้องนำมาตอบคำถามเพื่อให้ได้ผลสรุปที่ดีที่สุดสำหรับงานวิจัย ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับประชากร กลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้หน่วยตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดี มีความครอบคลุมลักษณะของประชากร การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic Sampling : SYS) เป็นวิธีการเลือกตัวอย่างแบบหนึ่งที่ได้รับคามนิยมกันอย่างแพร่หลาย วิธีการเลือกตัวอย่างชนิดนี้ถูกพัฒนาขึ้นจากการเลือกตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling : SRS) เพื่อให้แน่ใจว่าหน่วยตัวอย่างที่ถูกเลือกมานั้นกระจายอย่างทั่วถึงจากทั้งประชากร

การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดเชิงเส้น (Linear Systematic Sampling : LSY) และ การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลม (Circular Systematic Sampling : CSS) โดยการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดเชิงเส้นนั้น Hankin et al. (2019) จำแนกได้ 2 กรณี คือ ช่วงของการเลือกตัวอย่างเป็นจำนวนเต็ม จะนิยมใช้การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดเชิงเส้น การเลือกตัวอย่างด้วยวิธีนี้เป็นวิธีการที่หน่วยตัวอย่างในประชากรเรียงลำดับกัน จะทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการเลือกตัวอย่างแบบง่าย และช่วงของการเลือกตัวอย่างไม่เป็นจำนวนเต็ม จะนิยมใช้การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลม และการนำวิธีการใช้ช่วงเศษส่วน (Fractional Interval Method) มาปรับใช้ด้วย จากงานวิจัยของ Jammaree (2004) ระบุว่า การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดเชิงเส้นและชนิดวงกลมมีประสิทธิภาพพอๆ กันเมื่อมีขนาดตัวอย่างที่เท่ากัน เนื่องจากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดเชิงเส้นจะไม่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนั้นๆ เมื่อช่วงของการเลือกตัวอย่างไม่เป็นจำนวนเต็ม จะทำให้ได้จำนวนหน่วยตัวอย่างไม่เท่ากับขนาดตัวอย่างที่ต้องการ และจะทำให้ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยเป็นตัวประมาณที่เอนเอียง (Bias Estimator) จึงควรใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลมและใช้ช่วงเศษส่วนจะเหมาะสมกว่า ต่อมา Huang (2004) ได้พัฒนาวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสม (Mixed Systematic Random Sampling : MRSS) ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้เกิดขึ้นจากผสมผสานระหว่างการเลือกตัวอย่างแบบง่ายและการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบไว้ด้วยกัน โดยการเลือกตัวอย่างชนิดนี้สามารถแก้ไขปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้นได้ แต่วิธีการนี้ก็ยังไม่ได้รับความนิยมเมื่อเทียบกับวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดเชิงเส้นและชนิดวงกลม ต่อมา Nakharin and Ampai (2012) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสม กับการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบอีก 3 วิธี ได้แก่ การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดเชิงเส้น (LSY) การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบเชิงเส้นคู่ (BSY) และการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิด Modified Balanced Circular (MBC) เมื่อข้อมูลประชากรมีแนวโน้มเชิงเส้น (Linear Trend) ศึกษาเฉพาะกรณีช่วงของการเลือกตัวอย่างไม่เป็นจำนวนเต็ม ผลการศึกษาพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสมมีแนวโน้มสูงกว่าการเลือกตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด อาจเป็นผลมาจากผู้วิจัยได้กำหนดค่าความแปรปรวนของ Error Term ไว้ค่อนข้างสูงจึงทำให้ได้ค่า MSE ที่สูงมาก

ดังนั้น ในงานวิจัยครั้งนี้จะต่อยอดงานวิจัยของ Nakharin and Ampai (2012) ที่ศึกษาในกรณีที่ช่วงของการเลือกตัวอย่างไม่เป็นจำนวนเต็ม และช่วงของการเลือกตัวอย่างเป็นหลักหน่วย โดยงานวิจัยฉบับนี้จะแบ่งขนาดของตัวอย่างเป็นขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ เพื่อศึกษาว่าเมื่อขนาดประชากรมีลักษณะคงที่ แต่ขนาดตัวอย่างที่ต้องการมีลักษณะที่ต่างกัน และช่วงของการเลือกตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น มีผลต่อประสิทธิภาพของการเลือกตัวอย่างหรือไม่ และ Error Term ที่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยคงที่ แต่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความแปรปรวน จะทำให้ MSE มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร นอกจากการนำวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสมมาแก้ไขปัญหาในกรณีที่ช่วงของการเลือกตัวอย่างไม่เป็นจำนวนเต็มแล้ว จะทำการเปรียบเทียบวิธีการเลือกตัวอย่าง 3 วิธี ได้แก่ การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสม (MRSS)

การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลม (CSS) และการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบโดยใช้ช่วงเศษส่วน ว่าวิธีการใดมีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับกรณีในช่วงของการเลือกตัวอย่างไม่เป็นจำนวนเต็ม

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสม (MRSS) กับการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลม (CSS) และการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบโดยใช้ช่วงเศษส่วน (Fractional Interval) สำหรับกรณีช่วงของการเลือกตัวอย่างไม่เป็นจำนวนเต็ม เมื่อประชากรมีแนวโน้มเชิงเส้น

ระเบียบวิธีวิจัย

1) ประชากร

ในการศึกษารังนี้ได้กำหนดให้ประชากรมีแนวโน้มเชิงเส้น ดังสมการ $Y_i = 5 + 10i + e_i$

โดยที่ $i =$ ลำดับที่ของประชากร $= 1, 2, 3, \dots, N$

e_i มีการแจกแจงแบบปกติ $E(e_i) = 0$ และ $Var(e_i) = i^2$

g คือค่าคงที่ที่กำหนด (Predetermined constant) โดยกำหนด $g = 0, 1, 2$

และจำลองข้อมูลของประชากรเป็น 3 ขนาด แบ่งเป็น ขนาดเล็กหลักร้อย ได้แก่ 300, 500 และ 700 ขนาดกลางหลักพัน ได้แก่ 3,000, 5,000 และ 7,000 ขนาดใหญ่หลักหมื่น ได้แก่ 30,000, 50,000 และ 70,000

2) ขนาดตัวอย่าง

คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้เกณฑ์ดังนี้ (Boonchom, 1995)

จำนวนประชากร	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
จำนวนประชากรทั้งหมดเป็นหลักร้อย	15 – 30 %
จำนวนประชากรทั้งหมดเป็นหลักพัน	10 – 15 %
จำนวนประชากรทั้งหมดเป็นหลักหมื่น	5 – 10 %

- ขนาดประชากรหลักร้อย

N = 300	n = 48
N = 300	n = 11
N = 500	n = 63
N = 500	n = 16
N = 700	n = 77
N = 700	n = 22

- ขนาดประชากรหลักพัน

N = 3,000	n = 429
N = 3,000	n = 64
N = 3,000	n = 9
N = 5,000	n = 555
N = 5,000	n = 73
N = 5,000	n = 14

N = 7,000	n = 764
N = 7,000	n = 89
N = 7,000	n = 17

- ขนาดประชากรหลักหมื่น

N = 30,000	n = 978
N = 30,000	n = 71
N = 50,000	n = 1,213
N = 50,000	n = 81
N = 70,000	n = 814
N = 70,000	n = 99

3) เลือกหน่วยตัวอย่าง

ทำการเลือกตัวอย่างแต่ละวิธี โดยทำซ้ำทั้งหมด 1,000 ครั้ง

- การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดเชิงเส้น (Linear Systematic Sampling : LSY)

Prachum (2009) กล่าวถึงการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดเชิงเส้นว่า เป็นวิธีการเลือกตัวอย่างที่คล้ายกับการเลือกตัวอย่างแบบง่าย เหมาะสำหรับการประชากรที่มีการจัดเรียงลำดับตามลักษณะที่ต้องการ เป็นการเลือกตัวอย่าง n หน่วย จากประชากร N หน่วย จะได้จำนวนชุดตัวอย่างที่เป็นไปได้ทั้งหมด k ชุด โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) เรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปมาก
- 2) เลือกตัวอย่างเริ่มต้นมีค่าเป็นจำนวนเต็ม t จาก $1 \leq t \leq k$ เมื่อ $k = \frac{N}{n}$
- 3) ทำการเลือกหน่วยตัวอย่างไปทุกๆ k

จะได้หน่วยตัวอย่างเช่น t, t + k, t + 2k, t + 3k, ... จนได้ครบจำนวนขนาดตัวอย่างที่ต้องการ

- การเลือกตัวอย่างมีระบบชนิดผสม (Mixed Systematic Random Sampling : MRSS)

Huang (2004) วิธีการเลือกตัวอย่างแบบ Mixed Systematic Random Sampling หรือ วิธีการเลือกตัวอย่างชนิดผสม ซึ่งวิธีดังกล่าวได้พัฒนามาจากการเลือกตัวอย่างแบบง่าย และการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

สมมติว่าประชากรมีลักษณะจำกัด (Finite Population) $U = (u_1, u_2, u_3, \dots, u_N)$ ประกอบด้วย N หน่วย ที่มีหมายเลขตั้งแต่ 1 ถึง N ขนาดของประชากรสามารถเขียนได้ในรูป $N = nk + r = (n - r)k + r(k + 1)$ โดยที่ $1 \leq r \leq n$

- 1) จัดเรียงประชากรในลักษณะเป็นวงกลม
- 2) เลือกตัวอย่างเริ่มต้น t จาก $1 \leq t \leq N$
- 3) แบ่งประชากรออกเป็น 2 กลุ่มย่อย โดยประชากรย่อยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย $(n - r)k$ หน่วย ที่มีตัวอย่าง $\{t, t + 1, t + 2, \dots, t + (n - r)k - 1\}$ และประชากรย่อยกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างที่เหลือจากประชากรย่อยกลุ่มแรก
- 4) จากนั้นใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบง่าย (SRS) s_{t1} จาก $(n - r)$ หน่วยของประชากรย่อยกลุ่มแรก และใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ (SYS) ชนิดเชิงเส้นกับประชากรที่ถูก จัดเรียงในลักษณะวงกลม s_{t2} จาก r หน่วย ได้ดังนี้ $t + (n - r)k + l(k + 1) - 1$ โดยที่ $l = 1, 2, 3, \dots, r$

5) ผลลัพธ์ของตัวอย่าง คือ s_r ขนาด n ที่เกิดจากการรวมกันของ s_{t1} และ s_{t2}

- การเลือกตัวอย่างมีระบบชนิดวงกลม (Circular Systematic Sampling : CSS)

Subramani (2018) การเลือกตัวอย่างมีระบบแบบวงกลม จัดเรียงหน่วยประชากร N หน่วย $U_1, U_2, U_3, \dots, U_N$ เป็นวงกลม

- 1) เลือกตัวอย่างเริ่มต้น r จาก $1 \leq r \leq N$
- 2) สำหรับการเลือกตัวอย่างแบบวงกลมขนาด n ให้เลือกตัวอย่างทุกๆ ช่วงสัดส่วนที่คำนวณได้จากตัวอย่างเริ่มต้น r จนกว่าจะได้จำนวนตัวอย่างครบ n หน่วย ให้หน่วยตัวอย่างที่เลือกได้ เป็นดังนี้ $U_r, U_{r+k}, U_{r+2k}, \dots, U_{r+(n-1)k}$ เป็นตัวอย่างระบบวงกลมของตัวอย่างขนาด n หน่วย สำหรับตัวอย่างเริ่มต้น r ถ้า $r + jk > N$ ให้เลือกตัวอย่างที่ตรงกับ $\{r + jk\} \pmod{N}$ ถ้า $\{r + jk\} \pmod{N} = 0$ แสดงว่า N หน่วยถูกเลือก

- การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบโดยใช้ช่วงเศษส่วน (Fractional Interval)

Groves et al. (2004) ได้เสนอให้จัดเรียงข้อมูลในลักษณะวงกลม คำนวณช่วงของการเลือกตัวอย่าง k แต่จะปัดเศษหลังจากการเลือกตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว

ให้ จำนวนประชากร (N) = 12,500 ขนาดตัวอย่าง (n) = 1,000

$$\text{ช่วงของการเลือกตัวอย่าง } k = \frac{N}{n} = \frac{12,500}{1,000} = 12.5$$

- 1) สมมติ $k = 12.5$ เพิ่มทศนิยมขึ้น 1 ตำแหน่งให้เป็นจำนวนเต็ม 125
- 2) เลือกตัวอย่างเริ่มต้น t จาก $1 \leq t \leq 125$ (กำหนด $t = 28$)
- 3) หน่วยถัดไปให้บวกทีละ 125 จะได้หน่วยตัวอย่างเป็น 28, 153, 278, 403, 528,
- 4) วางทศนิยมลง 1 ตำแหน่ง จะได้ 2.8, 15.3, 27.8, 40.3, 52.8, ...
- 5) เลือกตัวอย่างที่มีหมายเลขตรงกับจำนวนเต็ม (ตัดทศนิยมทิ้งทั้งหมด) จะได้ 5 หน่วยตัวอย่างแรก คือ 2, 15, 27, 40, 52, โดยที่ช่วงของการเลือกตัวอย่างจะแตกต่างกันไป และมีค่าเฉลี่ย 12.5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ k

4) การวิเคราะห์ข้อมูล

- คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE)

$$MSE(\bar{y}) = \frac{\sum_{h=1}^{1,000} (\bar{y}_h - \bar{Y})^2}{1,000}$$

โดยที่ \bar{y}_h คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่างในการทำซ้ำครั้งที่ h

\bar{Y} คือ ค่าเฉลี่ยประชากร

- เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบทั้ง 3 ชนิด ด้วยค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE)

$$RE = \frac{MSE(\bar{y}_A)}{MSE(\bar{y}_B)}$$

ใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบดังนี้

- ถ้า $RE = 1$ แสดงว่า $MSE(\bar{y}_A)$ มีค่าเท่ากับ $MSE(\bar{y}_B)$ สรุปได้ว่า \bar{y}_A และ \bar{y}_B มีประสิทธิภาพเท่ากัน
- ถ้า $RE < 1$ แสดงว่า $MSE(\bar{y}_A)$ มีค่าต่ำกว่า $MSE(\bar{y}_B)$ สรุปได้ว่า \bar{y}_A มีประสิทธิภาพสูงกว่า \bar{y}_B
- ถ้า $RE > 1$ แสดงว่า $MSE(\bar{y}_A)$ มีค่าสูงกว่า $MSE(\bar{y}_B)$ สรุปได้ว่า \bar{y}_A มีประสิทธิภาพต่ำกว่า \bar{y}_B

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสม (Mixed Systematic Random Sampling : MRSS) กับการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลม (Circular Systematic Sampling : CSS) และการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบโดยใช้ช่วงเศษส่วน (Fractional Interval) สำหรับการเลือกตัวอย่างไม่เป็นจำนวนเต็ม เมื่อประชากรมีแนวโน้มเชิงเส้น โดยจำลองข้อมูลด้วยโปรแกรม R ซึ่งกำหนดให้ประชากรมีลักษณะเชิงเส้น $Y_i = 5 + 10i + e_i$ โดยที่ $E(e_i) = 0$ และ $Var(e_i) = i^g$ เมื่อ $g = 0, 1, 2$ ผลที่ได้จากการศึกษามีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์

N	n	r	g	$MSE(\bar{y}_{MRSS})$	$MSE(\bar{y}_{CSS})$	$MSE(\bar{y}_{FI})$	$RE = \frac{MSE(\bar{y}_{MRSS})}{MSE(\bar{y}_{CSS})}$	$RE = \frac{MSE(\bar{y}_{MRSS})}{MSE(\bar{y}_{FI})}$
300	48	12	0	112847.9335	351.5904318	168.1180619	320.9641767	671.2421746
			1	113157.2727	1650.789367	408.7526766	68.54737193	276.8355517
			2	27940325.2	38242464.25	17672689.68	0.730609958	1.580988843
	11	3	0	164921.7885	10380.75698	5359.826812	15.88726032	30.76998461
			1	175692.023	12168.70333	8701.32869	14.43802336	20.19140171
			2	128121892.2	157431734.5	160657300.8	0.813825069	0.797485651
500	63	59	0	26341.2961	4279.059403	299.0410726	6.155861281	88.08588021
			1	26054.83817	4669.534801	974.3795854	5.579750291	26.73992616
			2	74394425.18	49911339.44	103940818.3	1.490531531	0.715738306
500	16	4	0	393694.3595	12730.34905	7720.961898	30.92565318	50.99032539
			1	385778.6214	14775.06246	8708.192109	26.11011781	44.30065581
			2	578287133.6	594859372.1	744889522.2	0.972140914	0.776339466
700	77	7	0	163304.6347	740.7664228	397.9473366	220.4536136	410.3674524
			1	155631.1388	5475.080759	2780.632731	28.42535949	55.96968528
			2	597994521.1	901787387.5	564044368.9	0.663121407	1.06019057
	22	18	0	364739.5469	9476.447339	8103.150531	38.48905965	45.01206605
			1	355839.0191	14625.35314	14840.59129	24.33028561	23.97741519
			2	875610459.5	2586600362	2456064272	0.338517876	0.356509587
3000	429	426	0	12124.5772	200071.8815	122.5065702	0.060601105	98.97083216
			1	17385.03506	210548.6599	6276.05062	0.082570153	2.770059726
			2	35469025253	6764922452	44083549812	5.243079356	0.804586414
	64	56	0	3533255.904	28968.65232	15271.857	121.9682526	231.3573198

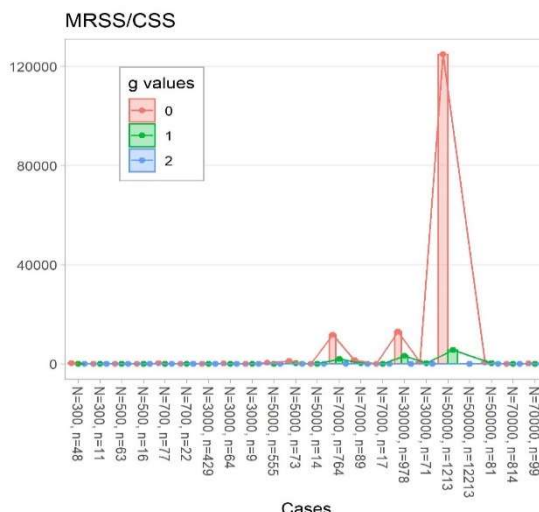
ตารางที่ 1 ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (ต่อ)

N	n	r	g	MSE(\bar{y}_{MRSS})	MSE(\bar{y}_{CSS})	MSE(\bar{y}_{FI})	RE =	RE =				
							$\frac{MSE(\bar{y}_{MRSS})}{MSE(\bar{y}_{CSS})}$	$\frac{MSE(\bar{y}_{MRSS})}{MSE(\bar{y}_{FI})}$				
3000	64	56	1	3666982.284	69761.02141	83299.32433	52.56491676	44.02175303				
			2	1.88793E+11	2.18109E+11	3.88914E+11	0.865588718	0.48543534				
	9	3	0	19783502.46	1709885.743	849963.3931	11.57007276	23.27571119				
			1	20723463.59	1986075.695	1337396.287	10.43437752	15.49537993				
			2	1.24478E+12	1.61114E+12	1.93455E+12	0.772606073	0.643443029				
			2	1.24478E+12	1.61114E+12	1.93455E+12	0.772606073	0.643443029				
5000	555	5	0	414643.1565	871.1482851	199.4492924	475.9731076	2078.940223				
			1	411994.9938	7729.423183	3180.699845	53.30216551	129.5296677				
			2	1.98073E+11	89253481389	57858431141	2.219223461	3.423414979				
			73	36	0	53098923.06	47144.80955	36570.19389	1126.294147	1451.972697		
					1	52260231.77	159810.9184	120953.8474	327.0128993	432.0675438		
					2	9.85644E+11	2.02702E+12	1.65929E+12	0.486253684	0.594016334		
	14	2	0	0	22644578.04	1943532.862	1054211.69	11.65124526	21.48010524			
				1	26055381.98	2537285.196	1474981.408	10.26900012	17.66488842			
				2	8.29082E+12	8.18122E+12	8.47353E+12	1.01339639	0.978437414			
				7000	764	124	0	30121601.34	2567.409821	317.8483789	11732.29186	94767.20139
							1	30516348.63	15339.62405	8911.190322	1989.380478	3424.497461
							2	4.73009E+11	3.54031E+11	4.71209E+11	1.336064525	1.003819681
89	58	0	0	84692854.04	53377.7423	41972.15065	1586.669844	2017.83451				
			1	83184663.61	244725.7713	223878.2826	339.9097004	371.5620052				
			2	2.53584E+12	6.21853E+12	5.56119E+12	0.407788517	0.455989543				
			17	13	0	0	56148049.84	2584287.731	1381242.107	21.72670217	40.65040412	
						1	56987245.04	3398555.851	2312644.592	16.76807666	24.64159225	
						2	1.50913E+13	2.46689E+13	2.89903E+13	0.611753491	0.520562951	
30000	978	660	0	1486819352	114659.0731	4546.118297	12967.30657	327052.4994				
			1	1385794963	422894.591	418392.71	3276.927615	3312.187163				
			2	7.68175E+13	1.55738E+14	2.05723E+14	0.493247041	0.373403446				
			71	38	0	0	1915664664	2769788.169	1470997.794	691.6285819	1302.289284	
						1	1866903207	6839970.892	5828247.228	272.9402269	320.3198379	
						2	1.03886E+15	2.25614E+15	2.31673E+15	0.460460605	0.448416927	
50000	1213	267	0	2421342612	19388.23785	3802.126309	124887.1935	636839.0778				
			1	2518094127	450411.2529	649472.3228	5590.655452	3877.138468				
			2	7.74517E+14	7.12468E+14	9.84664E+14	1.08708999	0.786579773				
			81	23	0	0	3618722594	6084495.721	3050396.141	594.7448663	1186.312343	
						1	3535022278	16165657.58	14507508.82	218.674821	243.6684563	

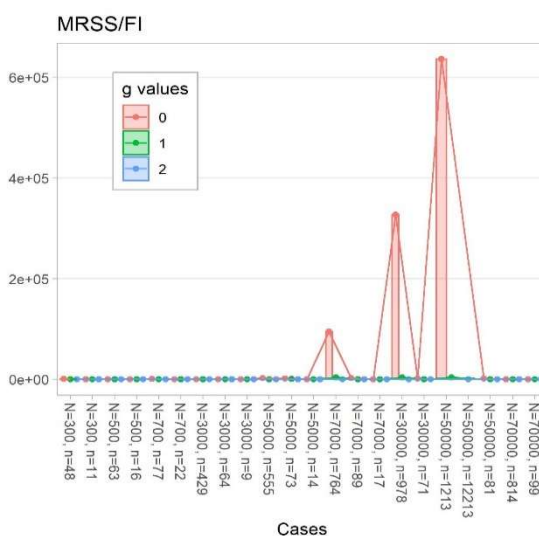
ตารางที่ 1 ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (ต่อ)

N	n	r	g	$MSE(\bar{y}_{MRSS})$	$MSE(\bar{y}_{CSS})$	$MSE(\bar{y}_{FI})$	$RE = \frac{MSE(\bar{y}_{MRSS})}{MSE(\bar{y}_{CSS})}$	$RE = \frac{MSE(\bar{y}_{MRSS})}{MSE(\bar{y}_{FI})}$
50000	81	23	2	1.01906E+16	1.49476E+16	1.54754E+16	0.681755518	0.658502984
70000	814	810	0	3884228.096	89895.90058	49589.65696	43.20806701	78.32738386
			1	6080083.429	2888651.741	2002316.546	2.104817048	3.036524591
			2	6.35151E+15	7.25156E+15	6.44096E+15	0.875881864	0.986111956
70000	99	7	0	1118949042	7988248.036	4204274.609	140.0743989	266.1455652
			1	1109397431	25197363.88	19796835.76	44.0283133	56.03912891
			2	4.64008E+16	5.00039E+16	5.08798E+16	0.927943551	0.91196826

จากตารางที่ 1 การเลือกตัวอย่างด้วยวิธี CSS และ FI มีค่า MSE ใกล้เคียงกัน โดยที่ MRSS มีแนวโน้มที่จะมีค่า MSE สูงที่สุด โดยที่การเลือกตัวอย่างด้วยวิธี MRSS เมื่อ $g = 2$ ค่าของ MSE จะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และขนาดของ r ที่มีค่ามากจนใกล้เคียงกับ n ส่งผลให้ค่า MSE มีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 1 แสดงค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ที่ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสมและวงกลม



รูปที่ 2 แสดงค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ที่ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสมและใช้ช่วงเศษส่วน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณค่าเฉลี่ยด้วยค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) ของ การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสม (Mixed Systematic Random Sampling : MRSS) กับการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลม (Circular Systematic Sampling : CSS) และการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบโดยใช้ช่วงเศษส่วน (Fractional Interval) สำหรับกรณีช่วงของการเลือกตัวอย่างไม่เป็นจำนวนเต็ม เมื่อประชากรมีแนวโน้มเชิงเส้น โดยการจำลองข้อมูลประชากรด้วยโปรแกรม R พบว่า การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบด้วยวิธี MRSS มีค่า MSE สูงกว่าการเลือกตัวอย่างอีกทั้ง 2 วิธี แต่เมื่อค่า $g = 2$ จะทำให้ค่าของ MSE ของการเลือกตัวอย่างทั้ง 3 วิธีมีค่ามากขึ้น การเลือกตัวอย่างด้วยวิธี MRSS มีค่า RE สูงกว่าการเลือกตัวอย่างแบบ CSS และวิธีช่วงเศษส่วน หมายความว่า วิธี MRSS มีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า แต่เมื่อค่าของ r มีค่าเข้าใกล้ค่า n จะทำให้ตัวประมาณค่าเฉลี่ยของการเลือกตัวอย่างด้วยวิธี MRSS มีค่าเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยประชากร

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลมมีค่าใกล้เคียงกับการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบโดยใช้ช่วงเศษส่วน ส่วนการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสมมีแนวโน้มที่จะให้ค่า MSE ต่ำที่สุด ค่า MSE ที่ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบทั้ง 3 วิธี จะเพิ่มขึ้น เมื่อ g มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่อ $g = 2$ ค่า MSE ที่ได้จะสูงขึ้นอย่างชัดเจน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากค่า g เป็นค่าที่กำหนดความเป็นเชิงเส้น เมื่อค่า g เพิ่มขึ้น ความเป็นเชิงเส้นของประชากรจะลดลง ทำให้ตัวประมาณค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่คำนวณได้มีค่าต่างจากค่าเฉลี่ยประชากรมากตามไปด้วย

ข้อเสนอแนะ ในกรณีที่ข้อมูลประชากรมีลักษณะเป็นเชิงเส้นแนะนำวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดวงกลมและใช้ช่วงเศษส่วนเพราะทั้ง 2 วิธีดังกล่าวมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันและยังมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าเฉลี่ยที่ดีกว่าวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบชนิดผสม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นัท กุลวานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำงานวิจัยขึ้นนี้ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งงานวิจัยชิ้นนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณและสำนึกในความกรุณาเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- Boonchom Srisaard. (1995). Introduction to Research. (3rd ed.). Bangkok: Suweerivasam.
- Charin Kukulamit and Amnuay Maneesriwongul. (1998). Comparison of Three Random Sampling Method : Circular Systematic Sampling, New Systematic Sampling, and Bilinear Systematic Sampling. Nida Development Journal 38(1): 13-18.
- Groves, R.M., Fowler, F.J.J., Couper, M.P., Lepkowski, J.M., Singer, E. and Tourangeau, R. (2004). Survey Methodology (1st ed.). Wiley-Interscience. pp. 119-120.
- Hankin, D.G., Mohr, M.S. and Newman, K.B. (2019). Sampling Theory: For the Ecological and Natural Resource Sciences. Oxford University Press.
- Huang, C.K., (2004). Mixed random systematic sampling designs. Metrika 59: 1-11.

- Jammaree Thuksoon. (2000). Comparative Study of Efficiency of Statistics from Various Types of Systematic Sampling. Chiang Mai University. (in press)
- Nakharin Kaewrasean and Ampai Thongteeraparp. (2012). Comparative Efficiency of Four Systematic Sampling Methods. Veridian E-Journal SU 5(3): 420-428.
- Prachum Suwattee. (2009). Sample surveys: sampling designs and analysis (1st ed.). National Institute of Development Administration.
- Subramani, J. (2018). On Circular systematic sampling in the presence of linear trend. Biometrics & Biostatistics International Journal 7(4): 286-292.

