



PROCEEDINGS

7th PHAYAO RESEARCH CONFERENCE

รายงานสืบเนื่องจากการ
ประชุมทางวิชาการระดับชาติ

พะเยาวิจัยครั้งที่ 7

25-26 มกราคม 2561

ณ หอประชุมพญางำเมือง
มหาวิทยาลัยพะเยา

ISBN : 978-616-7820-58-3



สารบัญ (ต่อ)

กลุ่มการวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การนำเสนอแบบ Oral Presentation (ต่อ)

SCI - 071	การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองทางอุทกวิทยาเพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้าจังหวัดกำแพงเพชร โดย บรรจงศักดิ์ พักสมบูรณ์ สนิภา บัวสรวงนเรศ ขำเจริญ นิภารัตน์ สุขเล็ก นพรัตน์ ไชยวิโน วิไลลักษณ์ สวณมะลิ ศักดิ์ศรี แสนยาเจริญกุล และศิริประภา มีรอด	1414
SCI - 072	ศึกษาวิธีย้อมสีและสารช่วยย้อมที่เหมาะสมต่อการย้อมไหมด้วยสีจากลูกจาก โดย พันธยศ วรเชษฐาวาตร์ และพรไพยม วรเชษฐาวาตร์	1424
SCI - 073	การประมาณค่าเฉลี่ยประชากร กรณีที่มีข้อมูลสูญหายที่เกิดจากการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม โดย ชูเกียรติ โพนแก้ว	1463- 1472 1438
SCI - 074	ผลของ pH ที่มีต่อการเจริญ สืบพันธุ์ และการสร้างเอนไซม์ไลเปสของเชื้อเกลื้อน (<i>Malassezia furfur</i>) โดย อธิปัตย์ ไชยชมภู นวลอนงค์ เสมสังข์ และวีรพงษ์ จันทะชัย	1448
SCI - 075	ความสำเร็จในการสร้างรัง ของนกเขาไฟ ในมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ โดย ศุภลักษณ์ วิรัชพินทุ และรมย์ธีรา เอมโอด	1456
SCI - 076	การศึกษาปริมาณโลหะหนักในดินบริเวณสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล เทศบาลตำบลเชียงยืน อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม โดย วรณิษา ตูลาเนตร นิลาวรรณ การรินทร์ พุทธิดา แสนสงค์ สมสงวน ปัสสาโก รติกร แสงห้าว และนุกุล กุดแถลง	1471
SCI - 077	การศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของถ่านชีวภาพที่ผลิตจากข้าวโพด โดย วีระ พันอินทร์	1482
SCI - 078	ศึกษารูปแบบการบริหารจัดการฟาร์มเห็ด ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ โดย ชัยวิทย์ ธีระวณัฐพงศ์ และศักดิ์ดา อ่างวัฒนกิจ	1494
SCI - 079	การลดของเสียในกระบวนการสวมถุงใน กรณีศึกษา โรงงานกระสอบพลาสติกทอสาน โดย พันธพงษ์ วงศ์สนิท ยศธร จอมสูงเนิน ณพิตร์ วัฒนวิพงษ์ กัณฑ์เอนก สงศักดิ์เสรี สุภัญญา เพ็งอารีย์ และชลธิสา วงษ์คำนา	1508
SCI - 080	การเพิ่มการยึดเกาะของจุลินทรีย์และการส่งผ่านอิเล็กตรอนโดยการดัดแปลงอิเล็กโทรดในเซลล์เชื้อเพลิงแบบที่เรีย โดย น้ำฝน เอกตาแสง	1521
SCI - 081	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อราคาการรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวลในจังหวัดลำปาง โดย ชลิตา เครือแหม่ม ปรมาภรณ์ มะโนตัน และวีระ พันอินทร์	1532



การประมาณค่าเฉลี่ยประชากร กรณีที่มีข้อมูลสูญหายที่เกิดจากการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม

Estimation of population mean in the presence of item nonresponse

ชูเกียรติ โพนแก้ว^{1*}

Chugiat Ponkaew^{1*}

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากร กรณีที่มีข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ เฉพาะการไม่ตอบบางคำถาม และแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าอัตราส่วน ตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากรที่นำเสนอพัฒนาจากตัวประมาณค่าของ Hájek ภายใต้การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากันและไม่ใส่คืน สำหรับความแปรปรวน และตัวประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณค่าที่นำเสนอ ศึกษาภายใต้เฟรมเวิร์กแบบรีเวิร์ส และสัดส่วนตัวอย่างมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นว่าตัวประมาณค่าที่นำเสนอเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงโดยประมาณ

คำสำคัญ: ตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากร, ข้อมูลสูญหายที่เกิดจากการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม, การประมาณค่าความแปรปรวน

Abstract

In this research, a population means estimator in the presence of item nonresponse is proposed. It is modified from Hájek's estimator, which can be applied to the presence of item nonresponse with ratio imputation and missing complete at random of nonresponse mechanism under unequal probability samplint without replacement. The estimator is investigated through variance and estimation under reverse framework with negligible sampling fraction while theoretical analysis proved that the proposed estimators is asymptotically unbiased estimators.

Keywords: population mean estimator, Item nonresponse, variance estimation

¹ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัด เพชรบูรณ์ 67000

¹ Department of Mathamatics, Science and Tecnology, Phechabun Rajabhat University, Phechabun Province 67000.

* Corresponding author e-mail : chugiat.pon@pcru.ac.th

บทนำ

การประมาณค่าเฉลี่ยประชากร (Population mean) เป็นปัญหาพบบ่อย ในงานวิจัยหรือวิชาทางสถิติ ค่าเฉลี่ยประชากรของข้อมูลที่ผู้วิจัยหรือนักสถิติสนใจศึกษา โดยปกติจะไม่ทราบค่าเนื่องจากสูตรการคำนวณอ้างอิงถึงข้อมูลระดับประชากร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลของตัวอย่างที่ถูกสุ่มจากประชากร ตามข้อตกลงของแผนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling design) ในการสร้างตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง (Unbiased estimator) ณรงค์ โพธิ์ และ สมชาย ปรากฏการเจริญ (2010) กล่าวว่า ตัวประมาณค่า อาจจะไม่สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากมีข้อมูลบางส่วนเกิดการ สูญหาย (Missing data) ทำให้เกิดความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล ส่งผลให้ตัวประมาณค่าที่ได้เกิดความเอนเอียง (Bias estimator)

พิจารณาประชากร $U = \{1, 2, \dots, i, \dots, N\}$ ขนาดจำกัด ขนาด N กำหนดให้ y แทนตัวแปรที่สนใจศึกษา และพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่าคือค่าเฉลี่ยประชากร เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\bar{Y} = \sum_{i \in U} y_i / N$ เมื่อ y_i แทนค่าสังเกตของประชากรหน่วยที่ i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, N$ ตัวอย่าง s ขนาด n ถูกสุ่มจากประชากร U ขนาด N ตามข้อตกลงของแผนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling design) แทนด้วยสัญลักษณ์ S

กรณีที่ทราบข้อมูลของตัวแปรช่วย (Auxiliary variable) ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่สนใจศึกษา และไม่มีข้อมูลสูญหาย Hansen & Hurvitz (1943) นำเสนอตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากร ภายใต้การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากันและใส่คืน ต่อมา Horvitz & Thompson (1952) ได้พัฒนาตัวประมาณค่าของ Hansen & Hurvitz (1943) ไปยังแผนการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากัน และใส่คืนและในปี 1971 Hájek ได้นำเสนอตัวประมาณค่าแบบอัตราส่วนเพื่อใช้ประมาณค่าเฉลี่ยประชากร Särndal Swenson & Wretman (1992) กล่าวว่าในหลายเงื่อนไข เช่น $y_i - \bar{Y}$ มีขนาดเล็ก ทุกค่า $i \in s$ หรือ ภายใต้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบปัวซองส์ (Poisson sampling) ตัวประมาณค่าที่ Hájek (1971) นำเสนอจะเป็นตัวประมาณค่าที่มีประสิทธิภาพดีกว่าตัวประมาณค่าของ Horvitz & Thompson (1952)

ตัวประมาณค่าที่ Horvitz & Thompson (1952) และ Hájek (1971) นำเสนอ ใช้ประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีที่ตัวอย่าง s ขนาด n ไม่มีข้อมูลสูญหาย แต่กรณีที่มีข้อมูลสูญหายที่เกิดจากการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม (Item nonresponse) ตัวประมาณค่าดังกล่าวไม่สามารถใช้ประมาณค่าได้ เนื่องจากบางหน่วยตัวอย่าง ในตัวอย่าง s ขนาด n ไม่สามารถสังเกตค่าได้ ดังนั้นภายใต้เฟรมเวิร์คแบบรีเวิร์ส (Reverse framework) และการสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้นแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ (Missing completely at random: MCAR) Haziza (2010) ได้นำเสนอตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากร ที่ปรับจากตัวประมาณค่าของ Horvitz & Thompson (1952) โดยใช้การแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าเฉลี่ย (Mean Imputation) ต่อมาซูเกียรติ โพนแก้ว (2016) ได้ปรับตัวประมาณที่ Haziza (2010) นำเสนอโดยใช้การแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าอัตราส่วน (Ratio Imputation)

จากที่กล่าวข้างต้น จะเห็นว่าตัวประมาณที่ใช้ประมาณค่าเฉลี่ยประชากร กรณีที่มีข้อมูลสูญหายที่เกิดจากการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม ศึกษาเฉพาะตัวประมาณค่าที่ปรับจากตัวประมาณของ Horvitz & Thompson (1952) ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากร กรณีที่มีข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ และเกิดเฉพาะการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม โดยตัวประมาณค่าที่นำเสนอปรับจากตัวประมาณค่าของ Hájek (1971) รวมถึงนำเสนอตัวประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณค่าที่นำเสนอ ภายใต้การสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากันและใส่คืน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา
2. โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Office และโปรแกรม MatyType

วิธีการศึกษา

1. สัญลักษณ์และข้อตกลงเบื้องต้น

เพื่อความสะดวกในการนำเสนอ และแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัยตามที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ และความหมายที่ใช้ในงานวิจัย

สัญลักษณ์	ความหมาย
$U = \{1, 2, \dots, N\}$	เซตของประชากรขนาด N
$s = \{1, 2, \dots, n\}$	เซตของตัวอย่างขนาด n
y	ตัวแปรที่สนใจศึกษา
$\bar{Y} = N^{-1} \sum_{i \in U} y_i$	ค่าเฉลี่ยของประชากร
$\pi_i = P(i \in s)$	ความน่าจะเป็นที่หน่วยตัวอย่างที่ i ตกอยู่ในหน่วยตัวอย่าง s ขนาด n
$\pi_{ij} = P(i \wedge j \in s)$	ความน่าจะเป็นที่หน่วยตัวอย่างที่ i และ j ตกอยู่ในตัวอย่าง s ขนาด n
E, V	ค่าคาดหวัง และความแปรปรวนทั้งหมด ตามลำดับ
E_s, V_s	ค่าคาดหวัง และความแปรปรวนเทียบกับแผนการสุ่มตัวอย่าง ตามลำดับ
x	ตัวแปรช่วย x ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่สนใจศึกษา และทราบค่า x_i ทุกค่า $i \in U$
R	กลไกการไม่ตอบสนอง (Nonresponse mechanism)
r_i	ตัวแปรบอกสภาพของการสูญหาย ซึ่ง $r_i = 1$ เมื่อ y_i สามารถสังเกตค่าได้ และ $r_i = 0$ เมื่อ y_i ไม่สามารถสังเกตค่าได้
$R = (r_1 \ r_2 \ \dots \ r_N)'$	เวกเตอร์ของตัวแปรบอกสภาพของการสูญหาย
$p_i = P(r_i = 1)$	ความน่าจะเป็นที่หน่วยตัวอย่างที่ i จะตอบสนอง

สำหรับข้อตกลงเบื้องต้น (assumption) ในงานวิจัยในครั้งนี้คือ ตัวอย่าง s ขนาด n ถูกสุ่มจากประชากร U ขนาด N ภายใต้แผนการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากันและไม่ใส่คืน และการสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้นเฉพาะการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม สำหรับกลไกการไม่ตอบสนองของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือการสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้นแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ ซึ่งภายใต้กลไกดังกล่าวได้ว่า $p_i = P(r_i = 1) = p$ ค่า $E_R(r_i) = P(r_i = 1) = p$ ค่า $V_R(r_i) = p(1-p)$ ทุกค่า $i \in U$ และ $E_R(r_i r_j) = E_R(r_i) E_R(r_j) = pp = p^2$

2. นำเสนอตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากร

ภายใต้แผนการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากันและไม่ใส่คืน เมื่อตัวอย่าง s ขนาด n ไม่มีข้อมูลสูญหาย Hájek (1971) นำเสนอตัวประมาณ เพื่อใช้ประมาณค่าเฉลี่ยประชากร แต่ในกรณีตัวอย่าง s ขนาด n มีข้อมูลสูญหายที่เกิดจากการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม ตัวประมาณค่าของ Hájek (1971)

ไม่สามารถใช้ประมาณค่าได้ เนื่องจากข้อมูลของหน่วยตัวอย่างบางหน่วยสูญหาย ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจะได้นำเสนอ ตัวประมาณค่าที่ปรับจากตัวประมาณค่าของ Hájek (1971) เพื่อใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยประชากรเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$

3. นำเสนอตัวประมาณค่าความแปรปรวนของ $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$

การประมาณค่าความแปรปรวนของ $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ ศึกษาภายใต้เฟรมเวิร์คแบบรีเวิร์ส แต่เนื่องจาก ตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากรที่นำเสนอ หรือ $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ อยู่ในรูปตัวประมาณค่าแบบไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นการหาค่าความแปรปรวนจำเป็นต้องปรับ $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ ให้เป็นตัวประมาณค่าแบบเชิงเส้นโดยใช้วิธีเทเลอร์แบบเชิงเส้น (Taylor linearization method) และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\hat{Y}_{AdjHa'jek,lin}$ จากนั้นหาค่าความแปรปรวน และตัวประมาณค่าความแปรปรวน ตามวิธีของ Shao & Steel (1999) และ Haziza (2010) เขียนแทนด้วย $V(\hat{Y}_{AdjHa'jek})$ และ $\hat{V}(\hat{Y}_{AdjHa'jek})$ ตามลำดับ

ผลการศึกษา

ตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากรที่นำเสนอ

ภายใต้การสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากันและไม่ใส่คืน กรณีที่ตัวอย่าง s ขนาด n ไม่มีข้อมูลสูญหาย Hájek (1971) นำเสนอตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากร ตามที่แสดงในสมการที่ (1)

$$\hat{Y}_{Ha'jek} = \frac{\sum_{i \in s} y_i / \pi_i}{\sum_{i \in s} 1 / \pi_i} \quad (1)$$

จากสมการที่ (1) จะเห็นกรณีที่มีข้อมูลสูญหายที่เกิดจากการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม $\hat{Y}_{Ha'jek}$ ไม่สามารถใช้ประมาณค่าเฉลี่ยประชากรได้ เนื่องจากมีบางค่าของ y_i เมื่อ $i \in s$ ไม่สามารถสังเกตค่าได้ กรณีที่มีข้อมูลสูญหายเซตตัวอย่าง s ขนาด n แยกได้เป็นเซตตัวอย่างที่ไม่มีข้อมูลสูญหาย s_r ขนาด n_r และเซตตัวอย่างที่มีข้อมูลสูญหาย s_m ขนาด n_m เมื่อ $s = s_r \cup s_m$ และ $n = n_r + n_m$ กรณีที่ $i \in s_r$ ค่า y_i จะสามารถสังเกตค่าได้ แต่ถ้า $i \in s_m$ ค่า y_i จะไม่สามารถสังเกตค่าได้ ดังนั้นจำเป็นต้องแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าประมาณ (Imputation) สำหรับการศึกษาในครั้งนี้แทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าอัตราส่วน เขียนแทนด้วย y_i^* ซึ่ง $y_i^* = \hat{R}x_i$ และ $\hat{R} = \sum_{i \in s} \frac{r_i y_i}{\pi_i} / \frac{r_i x_i}{\pi_i}$ กำหนดให้ $y_{R,i}$ แทนค่าสังเกตของหน่วยตัวอย่างที่ i หลังจากแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าอัตราส่วน และกำหนดค่าตามที่แสดงในสมการที่ (2)

$$y_{R,i} = r_i y_i + (1 - r_i) y_i^* \quad (2)$$

เมื่อ $y_i^* = \hat{R}x_i$ และ $\hat{R} = \sum_{i \in s} \frac{r_i y_i}{\pi_i} / \frac{r_i x_i}{\pi_i}$ จากนั้นแทนที่ค่า y_i ในสมการที่ (1) ด้วย $y_{R,i}$ และเขียนแทน $\hat{Y}_{Ha'jek}$

ด้วย $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ ได้ว่า

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{AdjHa'jek} &= \frac{\sum_{i \in s} y_i / \pi_i}{\sum_{i \in s} 1 / \pi_i} = \frac{1}{\sum_{i \in s} 1 / \pi_i} \left[\sum_{i \in s} \frac{y_{R,i}}{\pi_i} \right] = \frac{1}{\sum_{i \in s} 1 / \pi_i} \left[\sum_{i \in s} \frac{1}{\pi_i} (r_i y_i + (1 - r_i) y_i^*) \right] \\ &= \frac{\sum_{i \in s} \frac{x_i}{\pi_i} \sum_{i \in s} \frac{r_i y_i}{\pi_i}}{\sum_{i \in s} \frac{1}{\pi_i} \sum_{i \in s} \frac{r_i x_i}{\pi_i}} \end{aligned}$$

ดังนั้นตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากรที่ผู้วิจัยนำเสนอคือ

$$\hat{Y}_{AdjHa'jek} = \frac{\sum_{i \in s} \frac{x_i}{\pi_i} \sum_{i \in s} \frac{r_i y_i}{\pi_i}}{\sum_{i \in s} \frac{1}{\pi_i} \sum_{i \in s} \frac{r_i x_i}{\pi_i}} \quad (3)$$

จากสมการที่ (3) จะเห็นว่า $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ อยู่ในรูปของตัวประมาณค่าแบบไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นการหาค่าคาดหวัง หรือความแปรปรวนจำเป็นต้องใช้วิธีเทเลอร์แบบเชิงเส้นปรับตัวประมาณค่าดังกล่าว ให้เป็น ตัวประมาณค่าแบบเชิงเส้น เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\hat{Y}_{AdjHa'jek,lin}$ จากนั้นหาค่าคาดหวัง หรือความแปรปรวน ภายใต้เฟรมเวิร์คแบบรีเวิร์ส ตามวิธีที่ Shao & Steel (1999) และ Haziza (2010) นำเสนอ สำหรับตัวประมาณค่าแบบเชิงเส้นของ $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ กำหนดค่าตามที่กล่าวถึงใน บทตั้ง 1

บทตั้งที่ 1 ภายใต้การสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากัน และไม่ใส่คืน สมมติว่าตัวอย่าง ตัวอย่าง s ขนาด n มีขนาดใหญ่มีข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นแบบสุ่มสมบูรณ์ เฉพาะการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม และ แทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าอัตราส่วน เมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ตัวประมาณค่าแบบเชิงเส้นของ $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ เมื่อปรับตัวด้วยวิธีเทเลอร์มีค่าดังนี้

$$\hat{Y}_{AdjHa'jek,lin} \approx \bar{X} \frac{R_0}{T_3} + \frac{R_0}{T_3} (\hat{T}_1 - T_1) + \frac{1}{T_4} \bar{X} (\hat{T}_2 - T_2) - \frac{\bar{X} R_0}{T_3} (\hat{T}_3 - T_3) - \frac{\bar{X} R_0}{T_4} (\hat{T}_4 - T_4) \quad (4)$$

$$\text{เมื่อ } \hat{T} = \left[\sum_{i \in s} \frac{x_i}{\pi_i} \sum_{i \in s} \frac{r_i y_i}{\pi_i} \sum_{i \in s} \frac{1}{\pi_i} \sum_{i \in s} \frac{r_i x_i}{\pi_i} \right]' = [\hat{T}_1 \hat{T}_2 \hat{T}_3 \hat{T}_4]'$$

$$T = E_s(\hat{T}) = \left[\sum_{i \in U} x_i \sum_{i \in U} r_i y_i N \sum_{i \in U} r_i x_i \right]' = [T_1 T_2 T_3 T_4]'$$

$$\bar{X} = \sum_{i \in U} x_i / N = T_1 / T_3 \text{ และ } R_0 = \sum_{i \in U} r_i y_i / \sum_{i \in U} r_i x_i = T_2 / T_4$$

พิสูจน์

จากสมการที่ (1) สามารถเขียน $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ ให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันปรับเรียบได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{AdjHa'jek} = \frac{\sum_{i \in s} \frac{x_i}{\pi_i} \sum_{i \in s} \frac{r_i y_i}{\pi_i}}{\sum_{i \in s} \frac{1}{\pi_i} \sum_{i \in s} \frac{r_i x_i}{\pi_i}} = \frac{\hat{T}_1 \hat{T}_2}{\hat{T}_3 \hat{T}_4} = \psi(\hat{T}) \quad (5)$$

เมื่อ $\psi(\cdot)$ แทนฟังก์ชันปรับเรียบ และ $\hat{T}$ กำหนดค่าตามสมการที่ (4) และจากสมการที่ (5) เมื่อใช้วิธีเทเลอร์แบบเชิงเส้นได้ว่า

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{AdjHa'jek,lin} &\approx \psi(T) + \sum_{j=1}^4 \frac{\partial \psi(\hat{T})}{\partial \hat{T}_j} \bigg|_{\hat{T}=T} (\hat{T}_j - T_j) \\ &= \bar{X} \frac{R_0}{T_3} + \frac{R_0}{T_3} (\hat{T}_1 - T_1) + \frac{\bar{X}}{T_4} (\hat{T}_2 - T_2) - \frac{\bar{X} R_0}{T_3} (\hat{T}_3 - T_3) - \frac{\bar{X} R_0}{T_4} (\hat{T}_4 - T_4) \quad \blacksquare \end{aligned}$$

จากสมการที่ (1) และสมการที่ (4) ค่าคาดหวังของ $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ หาได้จาก $E(\hat{Y}_{AdjHa'jek}) \approx E(\hat{Y}_{AdjHa'jek,lin})$ นอกจากนี้ภายใต้เฟรมเวิร์คแบบรีเวิร์ส จะได้ว่า $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ เป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงโดยประมาณของ $\bar{Y}$ ตามที่แสดงในทฤษฎี 1

ทฤษฎีที่ 1 ภายใต้การสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากัน และไม่ใส่คืน สมมติว่าตัวอย่าง s ขนาด n เมื่อ n ขนาดใหญ่ มีข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นแบบสุ่มสมบูรณ์ เฉพาะการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม และแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าอัตราส่วน กำหนดให้ $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ เป็นตัวประมาณค่าของ $\bar{Y}$ และกำหนดค่าดังนี้

$$\hat{Y}_{AdjHa'jek} = \frac{\sum_{i \in s} \frac{x_i}{\pi_i} \sum_{i \in s} \frac{r_i y_i}{\pi_i}}{\sum_{i \in s} \frac{1}{\pi_i} \sum_{i \in s} \frac{x_i y_i}{\pi_i}}$$

ภายใต้เฟรมเวิร์คแบบรีเวิร์ส $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ เป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงโดยประมาณของ $\bar{Y}$ พิสูจน์

ภายใต้เฟรมเวิร์คแบบรีเวิร์ส ค่าคาดหวังของ $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ มีค่าเป็น

$$\begin{aligned} E(\hat{Y}_{AdjHa'jek}) &\approx E(\hat{Y}_{AdjHa'jek,lin}) \\ &= E_R E_S \left(\bar{X} \frac{R_0}{T_3} + \frac{R_0}{T_3} (\hat{T}_1 - T_1) + \frac{\bar{X}}{T_4} (\hat{T}_2 - T_2) - \frac{\bar{X} R_0}{T_3} (\hat{T}_3 - T_3) - \frac{\bar{X} R_0}{T_4} (\hat{T}_4 - T_4) \mid R \right) \\ &= E_R (\bar{X} X_R) = E_R \left(\frac{\sum_{i \in U} x_i \sum_{i \in U} r_i y_i}{N \sum_{i \in U} x_i y_i} \right) \approx \frac{\sum_{i \in U} x_i}{N} \frac{E_R \left(\sum_{i \in U} r_i y_i \right)}{E_R \left(\sum_{i \in U} r_i x_i \right)} = \frac{\sum_{i \in U} x_i}{N} \frac{\sum_{i \in U} y_i}{\sum_{i \in U} x_i} = \frac{\sum_{i \in U} y_i}{N} = \bar{Y} \end{aligned}$$

ดังนั้น $E(\hat{Y}_{AdjHa'jek}) \approx \bar{Y}$ ■

ทฤษฎีที่ 1 ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นว่าตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากรที่ผู้วิจัยนำเสนอ หรือ $\hat{Y}_{AdjHa'jek}$ เป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงโดยประมาณของ $\bar{Y}$ ต่อไปผู้วิจัยจะได้กล่าวถึงวิธีการหาตัวประมาณค่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากรที่นำเสนอ

ตัวประมาณค่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากรที่นำเสนอ

หัวข้อที่แล้วผู้วิจัยได้นำเสนอตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากร กรณีที่ข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นแบบสุ่มสมบูรณ์ เฉพาะการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม และแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าอัตราส่วน แต่เนื่องจากตัวประมาณค่าที่นำเสนออยู่ในรูป ตัวประมาณค่าแบบไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นการหาค่าคาดหวังจำเป็นต้องปรับตัวประมาณค่าดังกล่าวให้เป็นตัวประมาณค่าแบบเชิงเส้น ตามที่แสดงในบทตั้งที่ 1 จากนั้นหาค่าคาดหวังตามที่แสดงในทฤษฎีบทที่ 1 สำหรับหัวข้อนี้ ผู้วิจัยจะได้กล่าวถึงวิธีการหาความแปรปรวนของตัวประมาณค่าที่นำเสนอ แต่เนื่องจากค่าความแปรปรวนดังกล่าวอ้างอิงถึงข้อมูลระดับประชากร ทำให้ไม่สามารถคำนวณค่าได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นจำเป็นต้องประมาณค่าจากข้อมูลของตัวอย่าง โดยปกติกรณีที่มีข้อมูลสูญหาย การหาความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากร สามารถหาได้ภายใต้เฟรมเวิร์คแบบรีเวิร์ส ตามที่ Shao & Steel (1999) และ Haziza (2010) นำเสนอ ตามที่แสดงในสมการที่ (6)

$$V(\hat{Y}_{AdjHa'jek}) = E_R V_S(\hat{Y}_{AdjHa'jek} \mid R) + V_R E_S(\hat{Y}_{AdjHa'jek} \mid R) = V_1 + V_2 \quad (6)$$

เมื่อ $V_1 = E_R V_S (\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek} | R)$ และ $V_2 = V_R E_S (\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek} | R)$ อย่างไรก็ตามกรณีนี้ที่สัดส่วนตัวอย่างมีขนาดเล็ก ค่า $V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek})$ สามารถประมาณค่าได้จาก V_1 หรือ

$$V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}) \approx E_R V_S (\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek} | R) = V_1 \quad (7)$$

สำหรับการประมาณค่า $V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek})$ Haziza (2010) กล่าวว่าภายใต้เฟรมเวิร์คแบบรีเวิร์ส และสัดส่วนตัวอย่างมีขนาดเล็ก ตัวประมาณค่าของ $V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek})$ สามารถหาได้จาก $\hat{V}(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}) = \hat{V}_1$ นอกจากนี้ภายใต้การสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากันและไม่ใส่คืน และตัวอย่าง s ขนาด n มีข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นแบบสุ่มสมบูรณ์ เฉพาะการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม $\hat{V}(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}) = \hat{V}_1$ เป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงโดยประมาณของ $V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek})$ สำหรับการหาค่าความแปรปรวนและตัวประมาณค่าความแปรปรวนของ $\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}$ มีค่าตามที่แสดงใน ทฤษฎีบทที่ 2

ทฤษฎีบทที่ 2 ภายใต้การสุ่มตัวอย่าง แบบใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากันและไม่ใส่คืน กรณีที่ตัวอย่าง s ขนาด n มีขนาดใหญ่ และมีข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นแบบสุ่มสมบูรณ์ เฉพาะการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม และแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าอัตราส่วน กำหนดให้ $\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}$ เป็นตัวประมาณค่าของ $\bar{Y}$ และกำหนดค่าตามที่แสดงในสมการที่ (1)

1) ความแปรปรวนของ $\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}$ เขียนแทนด้วย $V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek})$ และกำหนดค่าตามที่แสดงในสมการ (8)

$$V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}) \approx \frac{1}{N^2} \left[\sum_{i \in U} \left(\frac{1 - \pi_i}{\pi_i} \right) (y_i - \bar{Y})^2 + \sum_{i \in U} \sum_{j \neq i \in U} \left(\frac{\pi_{ij} - \pi_i \pi_j}{\pi_i \pi_j} \right) (y_i - \bar{Y})(y_j - \bar{Y}) \right] \quad (8)$$

2) ตัวประมาณค่าของ $V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek})$ เขียนแทนด้วย $\hat{V}(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek})$ และกำหนดค่าตามที่แสดงในสมการที่ (9)

$$\hat{V}(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}) = \sum_{i \in s} \frac{1 - \pi_i}{\pi_i^2} \hat{z}_i^2 + \sum_{i \in s} \sum_{j \neq i \in s} \frac{(\pi_{ij} - \pi_i \pi_j)}{\pi_{ij} \pi_i \pi_j} \hat{z}_i \hat{z}_j \quad (9)$$

$$\text{เมื่อ } \hat{z}_i = \frac{\hat{\theta}_0}{N} (x_i - \bar{X}) + \frac{r_i \bar{X}}{\sum_{i \in s} r_i x_i} (y_i - x_i \frac{\hat{\theta}_0}{R}) \text{ ค่า } \hat{\theta}_0 = \frac{\sum_{i \in s} r_i y_i}{\sum_{i \in s} r_i x_i} \text{ และ } \bar{X} = \frac{\sum_{i \in U} x_i}{N}$$

พิสูจน์

1) จากสมการ (4) สามารถจัดรูปของ $\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek,lin}$ ได้เป็น

$$\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek,lin} = \text{Constant} + \left(\sum_{i \in s} \frac{z_i}{\pi_i} \right) \quad (10)$$

$$\text{เมื่อ } z_i = \frac{\hat{\theta}_0}{N} (x_i - \bar{X}) + \frac{r_i \bar{X}}{\sum_{i \in U} r_i x_i} (y_i - x_i \frac{\hat{\theta}_0}{R}) \text{ ค่า } \hat{\theta}_0 = \frac{\sum_{i \in U} r_i y_i}{\sum_{i \in U} r_i x_i} \text{ และจากสมการที่ (7) และสมการที่}$$

(10) ได้ว่า

$$V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}) \approx E_R V_S (\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek} | R) \approx E_R V_S (\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek,lin} | R)$$

$$= E_R \left[V_S \left(\sum_{i \in S} \frac{z_i}{\pi_i} \middle| R \right) \right] \quad (11)$$

เมื่อ z_i กำหนดค่าตามสมการที่ (10) และ จากสมการที่ (11) จะเห็นว่า $\sum_{i \in S} \frac{z_i}{\pi_i}$ อยู่ในรูปตัวประมาณของ Horvitz & Thompson (1952) ดังนั้น

$$V_S \left(\sum_{i \in S} \frac{z_i}{\pi_i} \middle| R \right) = \sum_{i \in U} \left(\frac{1 - \pi_i}{\pi_i} \right) z_i^2 + \sum_{i \in U} \sum_{j \neq i \in U} \left(\frac{\pi_j - \pi_i \pi_j}{\pi_i \pi_j} \right) z_i z_j \quad (12)$$

แทนค่า (12) ใน (11) ได้ว่า

$$\begin{aligned} V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}) &\approx E_R \left\{ \left[\sum_{i \in U} \left(\frac{1 - \pi_i}{\pi_i} \right) z_i^2 + \sum_{i \in U} \sum_{j \neq i \in U} \left(\frac{\pi_j - \pi_i \pi_j}{\pi_i \pi_j} \right) z_i z_j \right] \right\} \\ &\approx \sum_{i \in U} \left(\frac{1 - \pi_i}{\pi_i} \right) E_R(z_i^2) + \sum_{i \in U} \sum_{j \neq i \in U} \left(\frac{\pi_j - \pi_i \pi_j}{\pi_i \pi_j} \right) E_R(z_i) E_R(z_j) \\ &\approx \sum_{i \in U} \left(\frac{1 - \pi_i}{\pi_i} \right) (E_R(z_i))^2 + \sum_{i \in U} \sum_{j \neq i \in U} \left(\frac{\pi_j - \pi_i \pi_j}{\pi_i \pi_j} \right) E_R(z_i) E_R(z_j) \\ &= \frac{1}{N^2} \left[\sum_{i \in U} \left(\frac{1 - \pi_i}{\pi_i} \right) (y_i - \bar{y})^2 + \sum_{i \in U} \sum_{j \neq i \in U} \left(\frac{\pi_j - \pi_i \pi_j}{\pi_i \pi_j} \right) (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y}) \right] \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}) \approx \frac{1}{N^2} \left[\sum_{i \in U} \left(\frac{1 - \pi_i}{\pi_i} \right) (y_i - \bar{y})^2 + \sum_{i \in U} \sum_{j \neq i \in U} \left(\frac{\pi_j - \pi_i \pi_j}{\pi_i \pi_j} \right) (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y}) \right] \quad \blacksquare$$

2) จากสมการที่ (11) สามารถหาค่าประมาณของ $V(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek})$ ได้จาก

$$\hat{V}(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}) = \hat{V}_S \left(\sum_{i \in S} \frac{z_i}{\pi_i} \middle| R \right) \quad (13)$$

จากสมการที่ (13) จะเห็นได้ว่า $\sum_{i \in S} \frac{z_i}{\pi_i}$ อยู่ในรูปตัวประมาณค่าของ Horvitz & Thompson (1952) ดังนั้น

$$\hat{V}(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}) = \hat{V}_S \left(\sum_{i \in S} \frac{z_i}{\pi_i} \middle| R \right) = \sum_{i \in S} \frac{1 - \pi_i}{\pi_i^2} z_i^2 + \sum_{i \in S} \sum_{j \neq i \in S} \frac{(\pi_j - \pi_i \pi_j)}{\pi_i \pi_j \pi_j} z_i z_j \quad (14)$$

จากสมการที่ (14) ค่า $z_i = \frac{\hat{\rho}_0}{N} (x_i - \bar{X}) + \frac{r_i \bar{X}}{\sum_{i \in U} r_i x_i} (y_i - x_i \frac{\hat{\rho}_0}{N})$ ไม่ทราบค่าเนื่องจาก $\sum_{i \in U} r_i x_i$ และ $\hat{\rho}_0$ ไม่ทราบค่า

จำเป็นต้องแทนค่าด้วยค่าประมาณ $\sum_{i \in S} \frac{r_i x_i}{\pi_i}$ และ $\hat{\rho}_0 = \frac{\sum_{i \in U} r_i y_i}{\sum_{i \in U} \frac{r_i x_i}{\pi_i}}$ ตามลำดับ ดังนั้น

$$\hat{V}(\hat{\bar{Y}}_{AdjHa'jek}) = \sum_{i \in S} \frac{1 - \pi_i}{\pi_i^2} \hat{z}_i^2 + \sum_{i \in S} \sum_{j \neq i \in S} \frac{(\pi_j - \pi_i \pi_j)}{\pi_i \pi_j \pi_j} \hat{z}_i \hat{z}_j \quad \blacksquare$$

เมื่อ $\hat{z}_i = \frac{\hat{\rho}_0}{N} (x_i - \bar{X}) + \frac{r_i \bar{X}}{\sum_{i \in S} \frac{r_i x_i}{\pi_i}} (y_i - x_i \frac{\hat{\rho}_0}{N})$ และ $\hat{\rho}_0 = \frac{\sum_{i \in S} r_i y_i}{\sum_{i \in S} \frac{r_i x_i}{\pi_i}}$

ทฤษฎีที่ 2 ผู้วิจัยได้แสดงวิธีการตัวประมาณค่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากร โดยใช้สูตรของ Horvitz & Thompson (1952) ซึ่งตัวประมาณค่าความแปรปรวนที่ได้จะอยู่ในรูปของฟังก์ชันของตัวแปรที่สนใจศึกษา และ ตัวแปรช่วยที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่สนใจศึกษา ตัวแปรที่สนใจศึกษาใช้เฉพาะหน่วยตัวอย่างที่ตอบสนอง (สามารถสังเกตค่าได้) ส่วนตัวแปรช่วยใช้ข้อมูลของหน่วยตัวอย่างทั้งหมดในประชากร นอกจากนี้ข้อมูลของตัวแปรช่วยจำเป็นต้องทราบค่าก่อนการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งอาจทราบจากข้อมูลที่สำรวจในอดีต หรือข้อมูลที่ได้จากการลงทะเบียน เป็นต้น

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากร กรณีที่มีข้อมูลสูญหายที่เกิดจากการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม และเกิดขึ้นแบบสุ่มสมบูรณ์ ตัวประมาณค่าที่ผู้วิจัยนำเสนอปรับจากตัวประมาณค่าของ Hájek (1971) และแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าอัตราส่วน ภายใต้เฟรมเวิร์คแบบรีเวิร์ส ตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากรที่นำเสนอ เป็น ตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงโดยประมาณ สำหรับการหาความแปรปรวน และตัวประมาณค่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากรที่นำเสนอ ศึกษาภายใต้เฟรมเวิร์คแบบรีเวิร์ส เฉพาะสัดส่วนตัวอย่างมีขนาดเล็ก

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ครั้งนี้ ศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าเฉลี่ยประชากร กรณีที่มีข้อมูลสูญหายที่เกิดจากการไม่ตอบเฉพาะบางคำถาม และกลไกการไม่ตอบสนองเป็นแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ซึ่งกลไกการไม่ตอบสนองดังกล่าวพบได้ยากในทางปฏิบัติ ดังนั้นผู้ที่สนใจศึกษา สามารถขยายผลการวิจัยไปยัง กลไกการไม่ตอบสนองแบบอื่น เช่น การสูญหายแบบสุ่ม หรือ การสูญหายแบบไม่สุ่ม นอกจากนี้การหาตัวประมาณค่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าที่นำเสนอ ผู้วิจัยศึกษาภายใต้เฟรมเวิร์คแบบรีเวิร์ส เฉพาะกรณีที่สัดส่วนตัวอย่างมีขนาดเล็ก ผู้ที่สนใจศึกษาควรขยายผลการวิจัยไปยังกรณีทั่วไป ตามที่ Shao & Steel (19910) และ Haziza (201) เสนอ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก อาจารย์ดร.เจษฎา โพนแก้ว ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจสอบ แก้ไข ข้อบกพร่อง ทุกขั้นตอนของการวิจัย รวมถึงคำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

เอกสารอ้างอิง

- ชูเกียรติ โพนแก้ว.(2016). การประมาณค่าความแปรปรวนของตัวประมาณค่าเฉลี่ยประชากร เมื่อมีข้อมูลสูญหายและสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกไม่เท่ากัน. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* (ฉบับพิเศษ), 11, 375-387.
- ณรงค์ โพธิ์ และ สมชาย ปรากการเจริญ. (2010). กรอบแนวความคิดสำหรับการประมาณค่าสูญหายของข้อมูลด้วยเทคนิคการรู้จำรูปแบบ. *The 6TH National Conference on Computing and Information Technology*. 686-687.
- Hájek, J. (1971). *Foundations of Statistical Inference*. Toronto, Canada: Holt, Rinehart, Winston. Chap. Discussion of an essay on the logical foundations of survey sampling, part on by D. Basu.
- Hansen, M.H., Hurwitz, W.N. (1964). The problem of non-response in sample surveys. *J.Am. Stat. Assoc*, 41, 517-529.
- Haziza, D. (2010). Resampling methods for variance estimation in the presence of missing survey data. *Proceedings of the Annual Conference of the Italian Statistical Society*.



- Horvitz, D.G., and D.J. Thompson (1952). A generalization of sampling without replacement from a finite universe. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 663–685.
- Shao, J. and Steel, P. (1999). Variance estimation for survey data with composite imputation and nonnegligible sampling fractions. *Journal of the American Statistical Association*, 9, 254–265.



รายชื่อบรรณาธิการพิจารณาบทความตีพิมพ์รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการ (Proceedings) พะเยาวิจัย 7

1. ศาสตราจารย์ ดร.สุชนันต์ หอพิบูลสุข
2. ศาสตราจารย์ ดร.ประดิษฐ์ เทอดพล
3. ศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์ จ่านองไทย
4. ศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย สุวรรณพานิช
5. ศาสตราจารย์ เกียรติคุณ ดร.ไมตรี สุทธจิตต์
6. ศาสตราจารย์ นายแพทย์วีระพล จันทรดียิ่ง
7. รองศาสตราจารย์ ดร.เทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไชย
8. รองศาสตราจารย์ ดร.ลำลี ทองธิว
9. รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ภู่วิภาดาพรรณ
10. รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สังข์อ่อง
11. รองศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ วิโรจนภูมิ
12. รองศาสตราจารย์ รศ.ดร.ศิริวรรณ ศรีสรณ์ดาร์
13. รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ
14. รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน
15. รองศาสตราจารย์ รศ.ดร.อรพรรณ ประศาสน์วุฒิ
16. รองศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ ทายะติ
17. รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมชาติ ไตรรักษา
18. รองศาสตราจารย์ พรพิลาส วงศ์เจริญ
19. รองศาสตราจารย์ นิรุฒิ หวังชัย
20. รองศาสตราจารย์ ดร.มนัส ทิพย์วรรณ
21. รองศาสตราจารย์ ดร.สมบุญรณ์ อนันตลาโภชัย
22. รองศาสตราจารย์ ดร.เจ็ดหล้า สุนทรวิภาต
23. รองศาสตราจารย์ ดร.เชวศักดิ์ รักเป็นไทย
24. รองศาสตราจารย์ มาลีณี วงศ์นาวา
25. รองศาสตราจารย์ กิตติพงษ์ วุฒิจำนงค์
26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระวัฒน์ เจริญราษฎร์
27. รองศาสตราจารย์ ดร.สมบุญรณ์ อนันตลาโภชัย
28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาติยะ พัฒนาคักดิ์
29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐบุตร อิทธิธรรมวินิจ
30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์
31. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลลิตา นิธิอุปประศาสน์ สุนทรวิภาต
32. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา พิมลศิริผล
39. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์
40. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญภา คล้ายสิงห์โต
41. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ วัฒนธรร
42. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์
43. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ ประสาทเขตรการ
44. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล
45. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชาญ อมรากุล
46. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชร แลน้อย
47. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผศ.ดร.ยุทธนา หมั่นดี
48. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อพงศ์ กริธาชาติ
49. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ จันทรแดง
50. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จักรทอง ทองจัด
51. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรณภา ทองแดง
52. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุดม งามเมืองสกุล
53. ดร.วรพงศ์ ตระการศิริพันธ์
54. ดร.วิสูตร จิตอารี
55. ดร.อุปถัมภ์ ภาภูตานนท์ ณ มหาสารคาม
56. ดร.วินัย วงษ์ไทย
57. ดร.ภูมิพัฒน์ มิ่งมาลัยรักษ์
58. ดร.ชนชาติ เราประเสริฐ
59. ดร.ชลลดา ไชยกุลวัฒนา
60. ดร.เนติ เงินแพทย์
61. ดร.วิพรพรรณ เนื่องเม็ก
62. ดร.สุมนา เหลืองฐิติกาญจนา
63. ดร.สมศักดิ์ ธรรมวงษ์
64. ดร.สุชินันท์ ศรีรัตยาวงศ์
65. ดร.สุพล ดำรงกิตติกุล
66. ดร.อัจฉราวดี แก้ววรรณดี
67. ดร.บุญร่วม ดิตต้า
68. ดร.พรเทพ ไรจนวสุ
69. ดร.ปิยะพงษ์ แสงแก้ว
70. ดร.ฤทัยภัทร พิมลศรี



รายชื่อบรรณาธิการพิจารณาบทความตีพิมพ์รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการ (Proceedings) พะเยาวิจัย 7

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 33. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผศ.ดร.สุธี วังเต็อย | 71. ดร.คุณากร ชัดดีศรี |
| 34. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงษ์ เลิศทัศนีย์ | 72. ดร.กัลยา จำปาทอง |
| 35. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา ใจมโน | 73. แพทย์หญิง ญัฏฐินี นันทาทอง |
| 36. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จงลักษณ์ พาหะชา | 74. นายแพทย์ สมนึก ชีวาเกียรติยิ่งยง |
| 37. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ ดำรงวิริยะนุภาพ | 75. พลตำรวจเอก ศุภวุฒิ สังข์อ่อง |
| 38. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์ | |