

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายภายใต้สภาวะการสูญหาย
ที่ไม่ใช้อย่างสุ่มสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์
ของแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่า

**An Efficiency Comparison of the Quality of Missing Data Treatment Methods
under MNAR for Estimation of Polytomous Score Items Parameters**

อวิพร ปานทอง^{1*}

Aweeporn Panthong*

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

¹Faculty of science and technology, Nakhon Sawan Rajabhat University

* E-mail: aweeporn.p@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลจริงกับค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลที่ใช้วิธีการจัดการข้อมูลสูญหายทั้ง 2 วิธี คือ วิธีค่าคาดหวังสูงสุด และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่า และ 2) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 วิธี ในการจัดการข้อมูลสูญหายของแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่า ดำเนินการศึกษาจากข้อมูลจริงจากแบบสอบถาม ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีค่าคาดหวังสูงสุด และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม (MNAR) ตามเงื่อนไขที่กำหนด พบว่า ค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม (a_j) มีค่าใกล้เคียงกัน และค่าที่ได้มีค่าสูงกว่าค่าที่แท้จริง ค่าเทรสโฮลด์ (b_{jk}) มีค่าที่ได้ส่วนใหญ่สูงกว่าค่าที่แท้จริง ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม (θ) ภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม (MNAR) ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีค่าคาดหวังสูงสุดมีค่าใกล้เคียงค่า θ ที่แท้จริงมากกว่าการประมาณค่าด้วยวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด 2) ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่าและความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถามด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี พบว่า ผลที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยส่วนใหญ่ให้ค่าคุณภาพของการประมาณค่าไม่ต่างกัน โดยภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม วิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่า MAPE และ RMSE ในการประมาณค่าอำนาจจำแนก ค่าเทรสโฮลด์ และค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถามน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ค่าคาดหวังสูงสุด การประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ข้อมูลสูญหาย

Abstract

The purposes of this research were to: 1) analyze the item parameters of primary data and parameters from the treatment of the missing data with EM and ML of polytomous scored items. And 2) to compare the quality of the two treatment methods of missing data from polytomous scored items. The study was conducted by primary data from polytomous scored items. The research findings were as follows : 1) The results of the analysis of the item parameters by using EM and ML revealed that within the missing not at random (MNAR), it is found that the discriminant parameters (a_j) obtained from the two methods of estimation were similar and the estimated value of that was higher than the actual value. Although the obtained value on the threshold of the test (b_{jk}) was greater than the actual value, the examinee's ability parameter (θ) under MNAR estimated by using EM was actual than that obtained by using ML. 2) According to the comparison of the quality of the two treatment methods of missing data for estimation of the item parameters and examinee's ability, found that there was no significant difference either in the item parameters or in the examinee's ability estimation under the conditions of missing at random. The ML method yielded the smallest values of the MAPE and RMSE when estimating discriminant threshold and examinee's ability.

Keywords: Expectation maximization algorithm, Maximum likelihood estimation, Missing Data

บทนำ

ปัจจุบันแบบสอบถามได้กลายเป็นเครื่องมือในการวัดผลของการทำงานวิจัยและการประเมินต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถรับรู้ความคิดเห็นความพอใจ และแนวคิด คำแนะนำก่อให้เกิดประโยชน์แก่งานวิจัย เพื่อได้ข้อเท็จจริงที่มีคุณภาพน่าเชื่อถือต้องใช้ข้อมูลหรือกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากและคำตอบต้องไม่เกิดการสูญหายหรือเกิดการสูญหายน้อยที่สุดเนื่องจากแบบสอบถามนั้นให้ข้อมูลที่นำไปหาคำพารามิเตอร์ได้ทั้งที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ ข้อมูลที่มาจากแบบสอบถามเป็นข้อมูล que ผู้วิจัยนั้นลงไปเก็บข้อมูลด้วยตนเองหรือได้ข้อมูลมาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในข้อมูลแบบสอบถามนั้นผู้วิจัยอาจจะประสบปัญหาที่เหมือนกันคือคำตอบที่ได้มาไม่ครบถ้วน หรือผู้ตอบแบบสอบถามนั้นไม่ได้ให้คำตอบครบถ้วนสมบูรณ์ จึงทำให้เกิดข้อมูลสูญหาย (Missing Data) ทำให้ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลเกิดความคลาดเคลื่อนและผลสรุปหรือข้อเท็จจริงที่ได้ไม่ถูกต้อง ไม่ตรงกับความ เป็นจริง ไม่มีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือน้อย ผู้วิจัยตระหนักถึงปัญหานี้จึงสนใจศึกษาวิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย ซึ่งได้ศึกษางานวิจัยของ กมลทิพย์ ศรีหาเศษ (2555) ได้ศึกษาถึงวิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย 3 วิธีคือ วิธีการประมาณค่าทดแทนพหุ (Multiple Imputation : MI) วิธีการค่าคาดหวังสูงสุด Expectation maximization algorithm: EM) และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood estimation: ML) พบว่า ผลจากการประมาณค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก ค่าความยาก และโอกาสการ

เดาในแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่า และความสามารถของผู้สอบจากวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายทั้งสามวิธีให้ค่าคุณภาพของการประมาณค่าไม่แตกต่างกันภายใต้สภาวะการสูญหายสองแบบ คือ MAR และ MNAR โดยวิธีวิธีค่าคาดหวังสูงสุดให้ค่าดัชนี BIAS และ RMSE ในการประมาณค่าอำนาจจำแนกข้อสอบได้น้อยที่สุด วิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่าดัชนี BIAS และ RMSE ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ค่าความยาก และค่าโอกาสในการเดาของข้อสอบน้อยที่สุดในสภาวะการสูญหายอย่างสุ่ม วิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดจะให้ค่าดัชนี BIAS และ RMSE ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบได้น้อยที่สุดในสภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม วิธีการประมาณค่าทดแทนพหุให้ค่าดัชนี BIAS สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบน้อยที่สุด แต่เมื่อพิจารณาค่าดัชนี RMSE ทั้ง 3 วิธีแล้วนั้น ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบมีค่าใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำวิธีค่าคาดหวังสูงสุด และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงที่ได้จากการตอบแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่าซึ่งนำข้อมูลมาจัดกระทำให้เกิดสภาวะการสูญหายของข้อมูลด้วยการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม เนื่องจากวิธีการที่ใช้วิเคราะห์กับข้อมูลสูญหายอย่างสุ่มบางวิธีอาจใช้กับข้อมูลสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่มได้ค่อนข้างดี (Schafer & Graham, 2002)

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลจริงกับค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลที่ใช้วิธีการจัดการข้อมูลสูญหายทั้ง 2 วิธีภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม คือ วิธีค่าคาดหวังสูงสุด และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่า
- 2) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลที่ใช้วิธีการจัดการข้อมูลสูญหายทั้ง 2 วิธีในการจัดการข้อมูลสูญหายภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่มของแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่า

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้นำข้อมูลจริงจากการตอบแบบสอบถามโครงการการแข่งขันคณิตศาสตร์วิชาการระดับภาคเหนือ ครั้งที่ 3 ซึ่งถ้วยพระราชทานสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี วันที่ 2 สิงหาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ เป็นแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่า มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ มีตัวเลือกและการตรวจให้คะแนน คือ “น้อยที่สุด” ให้ 1 คะแนน “น้อย” ให้ 2 คะแนน “ปานกลาง” ให้ 3 คะแนน “มาก” ให้ 4 คะแนน และ “มากที่สุด” ให้ 5 คะแนน ซึ่งเป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในการเข้าร่วมกิจกรรมของโครงการการแข่งขันคณิตศาสตร์วิชาการระดับภาคเหนือ ครั้งที่ 3 โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านการประชาสัมพันธ์โครงการ ด้านการจัดกิจกรรม และด้านสถานที่ในการจัดกิจกรรม ผลการตอบแบบสอบถามมีรูปแบบภายใต้โมเดล Graded Response Model (GRM) ซึ่งมีสมการ (1) ดังนี้

$$P_{jk}^*(\theta) = \frac{e^{\left(Da_j(\theta - b_{jk})\right)}}{1 + e^{\left(Da_j(\theta - b_{jk})\right)}} \quad (1)$$

เมื่อ	$P_{jk}^*(\theta)$	แทน ความน่าจะเป็นการเลือกการคำตอบที่ k ของผู้สอบที่ระดับความสามารถ θ ณ ข้อคำถามข้อที่ j
	b_{jk}	แทน threshold ระหว่างรายการคำตอบ k และ k+1 ของข้อที่ i
	a_j	แทน ความชัน หรือค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อคำถามข้อที่ j
	θ	แทน ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ
	D	แทน ค่าองค์ประกอบของการปรับสเกลเพื่อให้ Logistic Function กับ Normal Ogive function มีค่าใกล้เคียงกันหรือต่างกันไม่เกิน 0.01 (D มีค่าเท่ากับ 1.7)
	k	แทน คะแนนของรายการคำตอบในแต่ละข้อคำถาม

จำนวนแบบสอบถามที่นำมาวิเคราะห์จำนวน 329 ฉบับ โดยมีตัวแปรอิสระ คือ วิธีจัดการข้อมูล 2 วิธี คือ วิธีค่าคาดหวังสูงสุด (Expectation maximization algorithm: EM) และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood estimation: ML) และตัวแปรตาม ได้แก่ 1) ค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่า ได้แก่ ค่าอำนาจจำแนก ค่าเทรสไฮลด์ ค่าความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม และค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม 2) คุณภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (MAPE) และดัชนีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) โดยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการพร้อมทั้งวิธีการที่ใช้ในการจัดการข้อมูล 2 วิธี สำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและความสามารถของผู้สอบ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร หนังสือ วารสารทั้งในประเทศและต่างประเทศ วิธีจัดการข้อมูล 2 วิธี คือ

1.1 วิธีค่าคาดหวังสูงสุด เป็นวิธีการคำนวณโดยใช้พื้นฐานของการประมาณค่าภาวะน่าจะเป็นสูงสุดประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกคือการประมาณค่าคาดหวัง (Expectation: E step) โดยการประมาณค่าล็อกภาวะน่าจะเป็น ของฟังก์ชัน ดังสมการ (2)

$$Q(\theta | \theta^{(t)}) = E_{z|x, \theta^{(t)}} [\log L(\theta, x, z)] \quad (2)$$

และขั้นตอนที่สองคือการใช้ค่าสูงสุด (Maximization : M step) เป็นขั้นตอนการแทนค่าที่ขาดหายด้วยค่าที่ได้จากขั้นตอนแรกในการประมาณค่าคาดหวัง และทำการประมาณค่าคาดหวังซ้ำเพื่อเปรียบเทียบจนได้ค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดหรือมีการลู่เข้า และใช้ค่านั้นแทนข้อมูลที่ขาดหาย ข้อดีของวิธีนี้คือ การใช้ข้อมูลได้ครบทุกหน่วย ทั้งมีข้อมูลขาดหายและไม่มีข้อมูลขาดหาย ดังสมการ (3)

$$Q^{(t+1)} = \arg \max_{\theta} Q(\theta | \theta^{(t)}) \quad (3)$$

1.2 วิธีการประมาณภาวจะน่าจะเป็นสูงสุดคาดหวังสูงสุด เป็นการแทนที่ข้อมูลที่ขาดหายโดยใช้ค่าคาดหวังด้วยวิธีการประมาณค่าภาวจะน่าจะเป็นสูงสุด โดยระบุกลุ่มของพารามิเตอร์ (Parameter) ที่ให้ค่าล็อกภาวจะน่าจะเป็นที่มีค่าสูงสุด ข้อดีของวิธีนี้คือ การใช้ข้อมูลได้ครบทุกหน่วย ทั้งมีข้อมูลขาดหายและไม่มีข้อมูลขาดหาย ในการหาค่าล็อกภาวจะน่าจะเป็นสูงสุด ดังสมการ (4)

$$\log L_i = \frac{k}{2} \log(2\pi) - \frac{1}{2} \log \left| \sum \right| - \frac{1}{2} (Y_i - \mu)^T \sum^{-1} (Y_i - \mu) \quad (4)$$

โดยที่ k แทน จำนวนตัวแปรที่ศึกษา Y แทน ค่าเวกเตอร์ของพารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษา μ แทน เวกเตอร์ของค่าเฉลี่ยของประชากร และ Σ แทน เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม (Enders, 2010)

2. ศึกษารายละเอียดการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R studio เพื่อใช้ในการกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษาการสูญหายของข้อมูล และเพื่อใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบค่าอำนาจจำแนก ค่าเทรสต์โฮลด์ และความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม

3. กำหนดรูปแบบการสูญหายของข้อมูลสำหรับใช้ศึกษาการจัดการข้อมูลสูญหายสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามและความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม พร้อมตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ถูกจัดกระทำให้เกิดสภาวะการสูญหายของข้อมูลด้วยการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม (Missing not at random : MNAR) คือ ความน่าจะเป็นที่ข้อมูลจะสูญหายที่ตำแหน่งใด ๆ ขึ้นอยู่กับค่าตำแหน่งนั้น ๆ ค่าสูญหายแบบไม่สุ่มเกิดขึ้นในกรณีที่ค่าสูญหายเกิดจากอิทธิพลตัวแปรอื่นหรือค่าของตนเอง การเกิดค่าสูญหาย เกิดจากค่าของตัวแปรเองทำให้ไม่มีตัวแปรในการอธิบายกระบวนการเกิดค่าสูญหาย เช่น รูปแบบการสูญหายที่การสูญหายข้อมูลของตัวแปร Y มีความสัมพันธ์กับตัวแปร Y เอง ยกตัวอย่างเพศหญิงที่มีน้ำหนักมากจะเลือกไม่ตอบคำถามน้ำหนักมากกว่าเพศชาย โดยกำหนดให้ตัวแปรแรงจูงใจ (motivation) ที่ส่งผลต่อการสูญหายของข้อมูลในการตอบแบบสอบถามและแบ่งกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามออกเป็น 3 กลุ่มตามระดับแรงจูงใจในการตอบ คือ กลุ่มแรงจูงใจในการตอบสูง กลาง และ ต่ำ ตามลำดับ โดยแบ่งช่วงกลุ่มด้วยการใช้ช่วงคะแนนจากพิสัย (Intervals from the Range) เป็นวิธีที่ยุบระดับจาก 5 ระดับ เป็นการแปลผลเพียง 3 ระดับ โดยการหาค่าพิสัย คือ ค่าสูงสุดลบคือ กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับแรงจูงใจในการตอบต่ำ จะมีความน่าจะเป็นในการละเว้นการตอบข้อคำถามสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีระดับแรงจูงใจในการตอบสูง เช่น หากกำหนดอัตราการสูญหาย 5% กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับแรงจูงใจ ในการตอบสูง กลาง และต่ำ มีความน่าจะเป็นในการละเว้นการตอบสนองข้อคำถามเป็น 0.01 0.05 และ 0.09 ตามลำดับ ผู้วิจัยได้

กำหนดอัตราการสูญหายข้อมูลที่ระดับ 5% ในสถานการณ์การสอบจริงในต่างประเทศเมื่อใช้ข้อมูลจริงในการศึกษาจะมีอัตราการสูญหายอยู่ในช่วงร้อยละ 1 - 20 ซึ่งจากผลการวิจัยของ Sijtsma & Van der Ark โดยใช้ข้อมูลจริงสะท้อนให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้น้อยที่อัตราการสูญหายของการตอบสนองข้อสอบจะมากกว่าร้อยละ 30 (Sijtsma & Van der Ark, 2003; Schmitt, Mandel & Guedj, 2015; กมลทิพย์ ศรีหาเศษ, 2555) โดยผู้วิจัยได้ระบุจำนวนข้อคำถามในแบบสอบถามให้มีการสูญหายจำนวน 4 ข้อ คือ ข้อที่ 1 - ข้อที่ 4 จากจำนวนข้อคำถาม 12 ข้อคำถาม ซึ่งจำนวนข้อคำถามในการจัดการให้สูญหายนั้นไม่มีผลต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ (กมลทิพย์ ศรีหาเศษ, 2555) ดำเนินการจัดกระทำให้ข้อมูลเกิดสภาวะการสูญหายของข้อมูลด้วยการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม โดยการทำซ้ำจำนวน 100 รอบ

4. วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าอำนาจจำแนก ค่าเทรสโพลด์ ค่าความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการจัดการข้อมูลกรณีเกิดการสูญหายสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามและความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสองวิธี คือ วิธีค่าคาดหวังสูงสุด และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณของข้อมูลสูญหาย (The Estimated Squares Root of Mean Squares Error : RMSE) ซึ่งเป็นดัชนีในการประเมินค่าประสิทธิภาพของวิธีการจัดการข้อมูลกรณีเกิดการสูญหายสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามและความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยเกณฑ์ในการพิจารณาค่า MAPE และ ค่า RMSE ที่มีค่าต่ำสุดแสดงว่าการประมาณค่าโดยวิธีนั้นดีที่สุด

4.1) ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error - MAPE) วิธีการใดให้ค่า MAPE ต่ำกว่า แสดงว่าเป็นวิธีการประมาณที่ดีกว่าโดยการคำนวณจากสูตร

$$MAPE_t = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{(\tilde{y}_i - \hat{y}_i)}{\tilde{y}_i} \right|}{n} \quad (5)$$

เมื่อ MPE_t แทน ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ รอบที่ t
 $\tilde{y}_i$ แทน ค่าประมาณที่ได้จากค่าจริงของข้อมูลตัวแปรตาม y ตัวที่ i
 $\hat{y}_i$ แทน ค่าประมาณของตัวแปร y ที่ได้จากการนำค่า y มาประมาณค่าสูญหายด้วยวิธีต่าง ๆ
 n แทน ขนาดตัวอย่าง

หลังจากนั้นนำค่า MPE_t มาหาค่าเฉลี่ยจากการทำซ้ำ 100 รอบ ดังสูตร

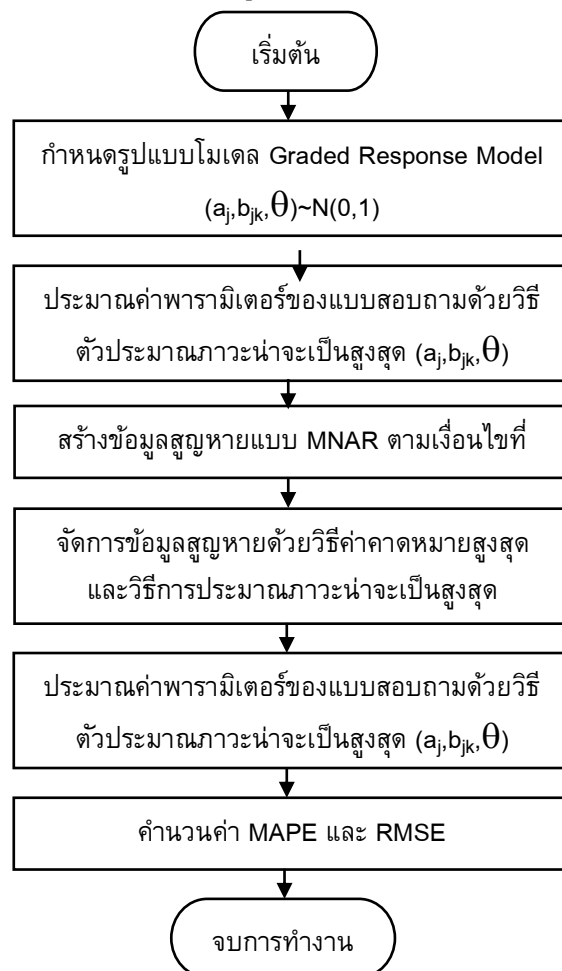
$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{100} MAPE_t}{100} \quad (6)$$

4.2) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของค่าประมาณของข้อมูลสูญหาย (The Estimated Squares Root of Mean Squares Error : RMSE) วิธีการใดให้ค่าประมาณของ RMSE ต่ำกว่าจะเป็นวิธีการประมาณที่ดีกว่า โดยคำนวณจากสูตร

$$RMSE = \frac{1}{100} \sum_{t=1}^{100} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{it} - \hat{y}_{it})^2}{n}} \quad (7)$$

เมื่อ y_{it} แทน ค่าจริงของข้อมูลตัวแปรตามตัวที่ i ในการทำซ้ำรอบที่ t
 $\hat{y}_{it}$ แทน ค่าประมาณของข้อมูลตัวแปรตามตัวที่ i ในการทำซ้ำรอบที่ t
 t แทน จำนวนรอบของการทำซ้ำ $t = 1, 2, \dots, 100$
 n แทน ขนาดตัวอย่าง

5. สรุปผลการวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามและความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม ในแต่ละเงื่อนไขที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 1 แผนผังการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลจริงกับค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบถามค่าอำนาจจำแนก (a_j) ค่าเทรสโฮลด์ (b_{jk}) และค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม (θ) ที่ใช้วิธีการจัดการข้อมูลสูญหายทั้ง 2 วิธี คือ วิธีค่าคาดหวังสูงสุด และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่า และ 2) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 วิธี ในการจัดการข้อมูลสูญหายของแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์แบบสอบถามจากข้อมูลจริงและค่าพารามิเตอร์แบบสอบถาม (ค่าอำนาจจำแนก และค่าเทรสโฮลด์) ด้วยวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายด้วยวิธีค่าคาดหวังสูงสุด และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

ข้อ ที่	a_real	bj_real				วิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย									
						a_EM	bj_EM				a_ML	bj_ML			
		b ₁	b ₂	b ₃	b ₄		b ₁	b ₂	b ₃	b ₄		b ₁	b ₂	b ₃	b ₄
1	0.602	-0.002	0.142	0.014	0.071	0.895	-0.099	-0.081	0.088	1.078	0.835	-0.093	0.037	0.640	0.923
2	0.591	-0.063	-0.003	0.012	0.029	0.829	-0.028	0.009	0.028	0.031	0.812	-0.311	-0.102	-0.003	0.023
3	0.554	-0.256	-0.010	-0.004	0.036	0.842	-0.287	-0.062	-0.045	-0.017	0.885	-0.098	0.025	0.0378	0.173
4	0.613	-0.204	-0.032	0.042	0.032	0.911	-0.124	-0.097	-0.040	-0.002	0.912	-0.096	0.061	0.075	0.101
5	0.641	-0.001	0.003	0.054	0.129	0.915	-1.267	-0.007	0.043	0.330	0.793	-0.122	0.051	0.359	0.426
6	0.649	-0.018	0.023	0.028	0.039	0.803	-0.025	-0.361	0.053	0.110	0.803	-0.083	-0.015	-0.004	0.092
7	0.633	-0.031	0.032	0.137	0.337	0.813	-0.002	-0.046	0.016	0.021	0.838	-0.073	-0.034	0.058	0.062
8	0.601	-0.038	0.013	0.020	0.498	0.852	-0.250	0.031	0.166	1.342	0.761	-0.232	0.054	0.067	0.088
9	0.626	0.009	0.020	0.022	0.074	0.867	-0.009	0.013	0.079	0.634	0.837	-0.002	-0.017	0.667	0.769
10	0.678	-0.011	-0.008	0.007	0.014	0.854	-0.079	-0.029	0.027	0.034	0.829	-0.082	-0.029	-0.189	0.088
11	0.673	-0.044	0.004	0.012	0.054	0.842	-0.912	-0.002	0.002	0.072	0.828	-0.082	-0.052	0.005	0.548
12	0.596	0.013	0.014	0.021	0.060	0.923	-0.034	0.008	0.049	0.168	0.814	-0.067	-0.054	0.050	0.073

หมายเหตุ: a_real แทน ค่าอำนาจจำแนกที่ได้จากข้อมูลจริง, bj_real แทน ค่าเทรสโฮลด์ที่ได้จากข้อมูลจริง, b₁, b₂, b₃, b₄ แทน ค่าเทรสโฮลด์ของข้อคำถาม, EM แทน การประมาณค่าโดยวิธีค่าคาดหวังสูงสุด และ ML แทน การประมาณค่าโดยวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าเทรสโฮลด์ของแต่ละข้อคำถาม ประมาณค่าได้จากวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายด้วยวิธีค่าคาดหวังสูงสุดและวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม พบว่า ค่าอำนาจจำแนกและค่าเทรสโฮลด์ของแต่ละข้อคำถามของทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน และส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าค่าที่แท้จริง (a_real)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม (θ) โดยภาพรวม จำแนกตามวิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย

θ	θ_{real}	วิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย	
		θ_{EM}	θ_{ML}
M	-0.0027	-0.0017	-0.0012
S.D.	0.0992	0.7622	0.1048

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม ประเมินค่าได้จากวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายด้วยวิธีค่าคาดหวังสูงสุดและวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน และส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าค่าที่แท้จริง (θ_{real}) และผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีค่าคาดหวังสูงสุดมีแนวโน้มเข้าใกล้ค่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม (θ_{real}) มากกว่าวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีจัดการข้อมูลสูญหายสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบถาม (ค่าอำนาจจำแนก และค่าเทรสโฮลด์) จำแนกตามวิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย

วิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย			
EM		ML	
MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
0.3237	0.2056	0.0125	0.1505

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่า MAPE และค่า RMSE ของค่าอำนาจจำแนกและค่าเทรสโฮลด์ของแต่ละข้อคำถามประมาณค่าได้จากวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายด้วยวิธีค่าคาดหวังสูงสุดและวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม เมื่อพิจารณาค่า MAPE โดยภาพรวมที่ใช้วิธีการจัดการข้อมูลสูญหายด้วยวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด พบว่า มีค่าเข้าใกล้ 0 และมีค่าน้อยกว่าวิธีค่าคาดหวังสูงสุด เช่นเดียวกับค่า RMSE พบว่า โดยภาพรวมที่ใช้วิธีการจัดการข้อมูลสูญหายด้วยวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด พบว่า มีค่าน้อยกว่าวิธีค่าคาดหวังสูงสุด แสดงว่าวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการจัดการข้อมูลสูญหายภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีจัดการข้อมูลสูญหายสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม (θ) จำแนกตามวิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย

θ	วิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย			
	EM		ML	
	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE
M	0.0325	0.9679	0.0289	0.9677

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม ประเมินค่าได้จากวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายด้วยวิธีค่าคาดหวังสูงสุดและวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม พบว่า ผลที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ให้คุณภาพของการประมาณค่าโดยเฉลี่ยไม่ต่างกัน แสดงว่าทั้งสองวิธีเหมาะสมกับการประมาณ

ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม วิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่า MAPE และ RMSE ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถามน้อยที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถามที่ได้จากวิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย 2 วิธี คือ วิธีค่าคาดหวังสูงสุด (expectation-maximization algorithm) และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood estimation) กรณีข้อมูลมีการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม มีค่าใกล้เคียงกัน ผลการศึกษานี้แสดงว่า เมื่ออัตราการสูญหาย 5% วิธีการจัดการข้อมูลสูญหายทั้ง 2 วิธี สามารถจัดการข้อมูลกรณีเกิดการสูญหายได้ใกล้เคียงกัน เนื่องจากวิธีการทั้งสองวิธีเป็นวิธีที่แก้ไขข้อเสียของวิธีการจัดการข้อมูลกรณีเกิดการสูญหายแบบดั้งเดิมที่ให้ผลการวิเคราะห์ที่ลำเอียง และทำให้ค่าคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น และวิธีการแบบดั้งเดิมเหมาะที่จะใช้กับข้อมูลภายใต้สภาวะการสูญหายโดยสมบูรณ์อย่างสุ่มเท่านั้น วิธีการจัดการข้อมูลกรณีเกิดการสูญหายทั้ง 2 วิธีสามารถจัดการกับข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันสอดคล้องกับงานวิจัยของ Finch (2008) ผลการพิจารณาค่า MAPE และ RMSE ของวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายทั้งสองวิธี พบว่าทั้งสองวิธีสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามและความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถามไม่แตกต่างกัน ค่า MAPE และ RMSE ที่ได้จากวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Finch (2008) และ Olinsky, Chen & Harlow (2003) วิธี ML โดยภาพรวมให้ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก ค่าเทสโฮล และความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถามได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีค่าคาดหวังสูงสุด เนื่องจากวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดให้ค่า MAPE และ RMSE ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถาม และความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถามได้ค่าน้อยกว่าวิธี EM แสดงให้เห็นว่า วิธี ML มีความคงที่ในการประมาณค่าดีกว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Robitzsch and Rupp (2009) และงานวิจัยของ กมลทิพย์ ศรีหาเศษ (2555)

สรุปผลการวิจัย

ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลจริงกับค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลที่ใช้วิธีการจัดการข้อมูลสูญหายทั้ง 2 วิธีภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม คือ วิธีค่าคาดหวังสูงสุด และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่า พบว่าค่าอำนาจจำแนกและค่าเทสโฮลด์ของแต่ละข้อคำถามของทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน และส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าค่าที่แท้จริง เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า การประมาณค่าที่ได้จากวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายด้วยวิธีค่าคาดหวังสูงสุดและวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกันส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าค่าที่แท้จริง แต่วิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดส่วนใหญ่มีแนวโน้มเข้าใกล้ 0 มากกว่าวิธีค่าคาดหวังสูงสุด เมื่อพิจารณาคุณภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์วิธีค่าคาดหวังสูงสุด และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่าภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช้อย่างสุ่ม พบว่า ค่า MAPE และค่า RMSE ของค่าอำนาจจำแนกและค่าเทสโฮลด์ของแต่ละข้อคำถามโดยภาพรวมที่

ใช้วิธีการจัดการข้อมูลสูญหายด้วยวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดมีค่าน้อยกว่าวิธีค่าคาดหวังสูงสุด แสดงว่าวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการจัดการข้อมูลสูญหายภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช่อย่างสุ่มและมีความคงที่ในการประมาณค่าดีกว่าวิธีค่าคาดหวังสูงสุด

ดังนั้นหากเกิดกรณีการสูญหายของข้อมูลจากแบบสอบถามที่ให้คะแนนหลายค่าภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช่อย่างสุ่ม โดยมีอัตราการสูญหายข้อมูลที่ระดับ 5% จำนวนข้อคำถามที่สูญหายจำนวน 4 ข้อ วิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดเป็นอีกหนึ่งวิธีที่เป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาและจัดการข้อมูลสูญหายได้เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายภายใต้สภาวะการสูญหายที่ไม่ใช่อย่างสุ่มเพียงรูปแบบเดียวเท่านั้นควรมีการศึกษาเปรียบเทียบกับรูปแบบการสูญหายภายใต้สภาวะการสูญหายแบบสุ่มสมบูรณ์ และสภาวะการสูญหายแบบสุ่ม
2. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาภายใต้โมเดลการตอบสนองข้อสอบที่มีความเป็นเอกมิติในการศึกษาครั้งถัดไปควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการศึกษาภายใต้ความเป็นพหุมิติ
3. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบกับ การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อคำถามจำแนกตามเพศ หรือจำแนกตามเกณฑ์อื่น ๆ ภายใต้การจัดการข้อมูลสูญหายวิธีค่าคาดหวังสูงสุด และวิธีการประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- กมลทิพย์ ศรีหาเศษ. (2555). การเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและความสามารถของผู้สอบ. (วิทยานิพนธ์ ดุษฎีบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะครุศาสตร์, สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา.
- Enders, C.K. (2010). *Applied missing data analysis*. New York: Guilford Press.
- Finch, H. (2008). Estimation of item response theory parameters in the presence of missing data. *Journal of Educational Measurement*, 45, 225-245.
- Olinsky, A., Chen, S. & Harlow, L. (2003). The comparative efficacy of imputation methods for missing data in structural equation modeling. *European Journal of Operational Research*, 151, 53-79.
- Robitzsch, A. & Rupp, A.A. (2009). Impact of missing data on the detection of differential item functioning the case of Mantel-Haenszel and logistic regression analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 69(1), 18-34.

- Schmitt, P., Mandel, J. & Guedj, M. (2015). A comparison of six methods for missing data imputation. *Journal of Biometrics & Biostatistics*, 6(1), 1-6.
- Schafer, J.L. & Graham, J.W. (2002). Missing data: Our view of the state of the art. *Psychological Methods*, 7(2), 147-177.
- Sijtsma, K., & Van der Ark, L. A. (2003). Investigation and treatment of missing item scores in test and questionnaire data. *Multivariate Behavioral Research*, 38, 505–528.

วันที่รับบทความ 23 พ.ค. 62, วันที่แก้ไขบทความ 13 พ.ย. 62, วันที่ตอบรับบทความ 9 ธ.ค. 62