

การตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา ในมิติความถูกต้อง

CONSTRUCT VALIDITY OF COGNITIVE ABILITY TEST SOFTWARE IN THE ACCURACY DIMENSION

ศานิตย์ ศรีคุณ¹
Sanit Srikoon¹

¹อาจารย์ วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา
Lecturer, School of Education, University of Phayao

Received: April 1, 2019 Revised: July 31, 2019 Accepted: July 31, 2019 Published Online: December 24, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาในมิติความถูกต้อง กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1,504 คน ซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา มีทั้งหมดจำนวน 8 แบบวัด เพื่อวัดความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎี โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ผลการวิจัยพบว่า ซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา มีความตรงเชิงทฤษฎี และดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดล มีค่าตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ กล่าวคือ (1) ค่าไคร้สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 18.295 โดยมีค่าองศาแห่งความเป็นอิสระ (df) เท่ากับ 13 และค่าความน่าจะเป็น (p-value) เท่ากับ 0.143 (2) อัตราส่วนค่าไคร้สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) มีค่าเท่ากับ 1.407 (3) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.999 (4) ดัชนี Tucker-Lewis coefficient (TLI) เท่ากับ 0.997 (5) ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (RMSEA) เท่ากับ 0.016 (6) ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.014

คำสำคัญ: ความสามารถเชิงพุทธิปัญญา ความตั้งใจ ความจำขณะทำงาน

ABSTRACT

The purpose of this research was to validate the cognitive ability test software in the accuracy dimension. The samples are 1,504 students for validating the cognitive ability test software. The cognitive ability test software consists of 8 tests for testing attention and for testing working memory. Confirmatory factor analysis was used to confirm the construct validity. The results confirmed that the construct validity of these test are an excellent fit. The results show that: the fitness index of validating the cognitive ability test software were as follow: χ^2 statistic of 18.295 (degrees of freedom = 13, p= 0.143), and the χ^2/df ratio having a value of 1.407 indicates a good fit. The comparative fit index (CFI) is 0.999, and

¹Corresponding author: sanit.sr@up.ac.th

the Tucker-Lewis coefficient (TLI) is 0.997, the Root Mean Square Error Approximation (RMSEA) is 0.016, and the Standardized Root Mean Residual (SRMR) is 0.014.

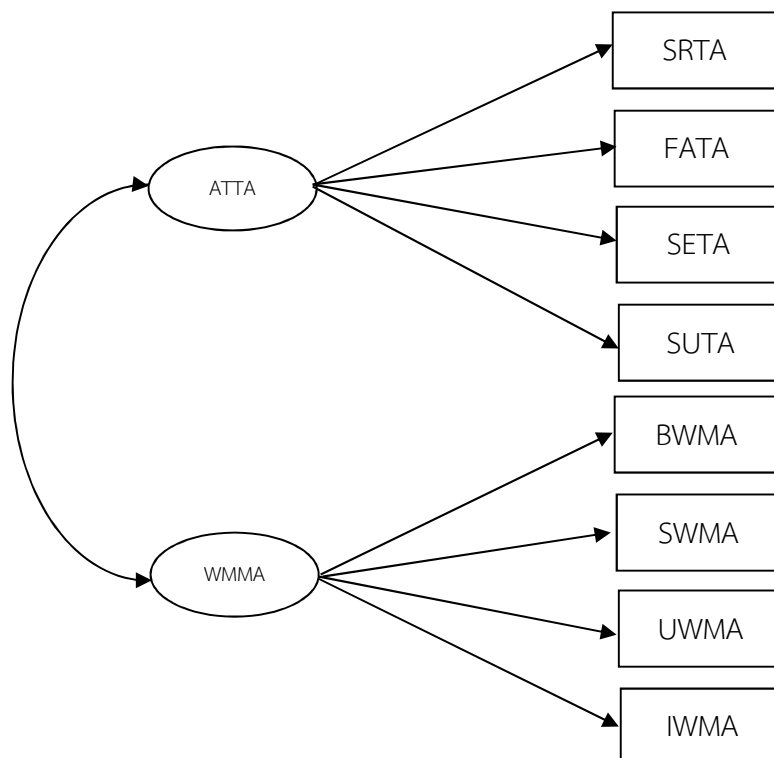
KEYWORDS: Cognitive Ability, Attention, Working Memory

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตั้งแต่ ค.ศ. 1985 เป็นต้นมาที่นักการศึกษาเชิงประสาทวิทยา (Neuroeducator) ได้ขยายพรมแดนทางการศึกษาด้านศาสตร์ที่ผสมผสานจิตวิทยา (Psychology) ประสาทวิทยา (Neuroscience) และวิทยาศาสตร์การเรียนรู้ (Learning Sciences) เป็นศาสตร์ใหม่ที่เรียกว่า ประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ (Educational Neuroscience) และมีแนวโน้มที่มีความท้าทายและมีบทบาทต่อวงการศึกษามาก (Feiler and Stabio, 2018) โดยเฉพาะความสามารถเชิงพุทธิปัญญา (Cognitive Ability) ได้แก่ ความตั้งใจ (attention) และความจำขณะทำงาน (Working Memory) ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน อีกทั้งพบว่าทั้งความตั้งใจและความจำขณะทำงานล้วนส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน (Srikoon et al, 2017) ดังนั้นถ้าผู้สอนมีข้อมูลและสารสนเทศเกี่ยวกับตัวแปรทั้งสองที่น่าเชื่อถือแล้วก็จะสามารถนำมาพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ แต่สภาพปัญหาของประเทศไทยขณะนี้คือยังไม่มีเครื่องมือวัดความจำขณะทำงานและความตั้งใจ ฉบับภาษาไทยที่มีคุณภาพที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยด้านวิทยาศาสตร์พุทธิปัญญา (Cognitive Science) ได้อย่างมั่นใจ (ทัศนีย์ บุญเต็ม และคณะ, 2557) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องมีการพัฒนาแบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาที่มีคุณภาพและสามารถใช้ได้จริงในบริบทสถานศึกษาไทย

จากการศึกษางานที่วิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา ที่พัฒนาขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่ายังขาดแคลนแบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาที่มีเพียงงานวิจัยของ ทัศนีย์ บุญเต็ม และคณะ (2557) ได้ดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องมือวัดทางพุทธิปัญญา (ฉบับภาษาไทย) เพื่อวัดความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ที่วัดทั้งมิติความถูกต้องและมิติเวลาสำหรับผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน และเครื่องมือวัดที่พัฒนาขึ้นนั้นมีจุดเด่นคือ สามารถสร้างเครื่องมือวัด ดำเนินการวัด วิเคราะห์และแปลผลข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปอีโพร้ม (E-Prime) ได้ภายในโปรแกรมเดียว แต่จุดอ่อนของโปรแกรมสำเร็จรูปอีโพร้ม คือ การวิเคราะห์และการแปลผลการวัดด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปอีโพร้ม (E-Prime) ต้องมีใบอนุญาต (License) และมีราคาสูง (Apape et al, 2014) จึงเป็นข้อจำกัดของการใช้เครื่องมือวัดที่ดำเนินการวัดด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปอีโพร้ม (E-Prime) ในบริบทของสถานศึกษา ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย และงานวิจัยของ ทัศนีย์ บุญเต็ม และคณะ (2557) ได้ดำเนินการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของเครื่องมือวัดทางพุทธิปัญญา (ฉบับภาษาไทย) ที่ได้พัฒนาขึ้น พบว่า ความสามารถเชิงพุทธิปัญญา ประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 2 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความตั้งใจ (Attention: ATTA) หมายถึง ความสามารถทางสมองที่จะเลือกรับการกระตุ้นอย่างใดอย่างหนึ่งและไม่สนใจสิ่งกระตุ้นอื่นๆ ความตั้งใจประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ปฏิกริยาขั้นต้น (Simple Reaction Time: SRTA) ความตั้งใจแบบเจาะจง (Focus Attention: FATA) ความตั้งใจแบบเลือก (Selected Attention: SETA) และความตั้งใจแบบคงทน (Sustain Attention: SUTA) และ (2) ความจำขณะทำงาน

(Working memory: WMMA) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ กระบวนการขั้นพื้นฐานของความจำขณะทำงาน (Basic Processing: BWMA) ความสามารถพลัดเปลี่ยน (Shifting working memory: SWMA) ความสามารถปรับปรุง (Updating Working Memory: UWMA) และความสามารถยับยั้ง (Inhibition Working Memory: IWMA) อีกทั้งการวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตการวิจัยในมิติความถูกต้องเท่านั้น เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้มีความชัดเจนในแต่ละมิติ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้ตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีกับกรอบทฤษฎีดังกล่าว สรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาในมิติความถูกต้องนี้จะสามารถยืนยันคุณภาพในมิติของความถูกต้องของซอฟต์แวร์แบบวัดฉบับนี้ และสามารถสร้างความมั่นใจแก่ผู้ใช้ซอฟต์แวร์แบบวัดนี้เพื่อวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาทั้งความตั้งใจและความจำขณะทำงานเพื่อให้ได้สารสนเทศเกี่ยวกับคะแนนความถูกต้องที่แท้จริงไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีในมิติความถูกต้องของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาในมิติความถูกต้อง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากรของการวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษา เขต 32 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 10,292 คน (กลุ่มสารสนเทศ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560)

2) กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษา เขต 32 ปีการศึกษา 2561 ผู้วิจัยต้องใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างประมาณ 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าในโมเดล Weiss (อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) งานวิจัยนี้มีตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมด 8 ตัวแปร ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับงานวิจัยครั้งนี้มากกว่า 160 คน ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) คือ แบ่งโรงเรียนตามขนาดของโรงเรียน ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) และสุ่มเลือกโรงเรียนตามขนาดโรงเรียน หลังจากนั้นเลือกตัวอย่งนักเรียนในแต่ละโรงเรียนตามสัดส่วนจำนวนนักเรียนในโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เป็นเพศชายจำนวน 752 คน และเพศหญิงจำนวน 752 คน รวมจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 1,504 คน

2. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงบรรยาย (Descriptive Research) เป็นวิธีวิทยาการวิจัยเพื่อบรรยายสถานภาพ (status) ของปรากฏการณ์ปัจจุบันของสิ่งที่สนใจศึกษา ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในปรากฏการณ์นั้นๆ อย่างกระจ่างแจ้ง

3. ตัวแปรที่ศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา ในมิติความถูกต้อง ประกอบด้วยตัวแปร 2 ตัวแปร ดังนี้

3.1 ความตั้งใจ (Attention: ATTA) หมายถึง ความสามารถทางสมองที่จะเลือกรับการกระตุ้นอย่างใดอย่างหนึ่งและไม่สนใจสิ่งกระตุ้นอื่นๆ ความตั้งใจประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ปฏิกริยาขั้นต้น (Simple Reaction Time: SRTA) หมายถึง ความสามารถในการวัดความไวในการตอบสนอง ของมือ ถือว่าเป็นความไวเส้นฐาน (baseline speed)

2) ความตั้งใจแบบเจาะจง (Focus Attention: FATA) หมายถึง ความสามารถในการสังเกตสิ่งเร้าเป้าหมาย และ ตอบสนองเฉพาะสิ่งเร้าเป้าหมายโดยไม่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าลวง

3) ความตั้งใจแบบเลือก (Selected Attention: SETA) หมายถึง ความสามารถในการสังเกตสิ่งเร้าเป้าหมายที่มี มากกว่า 1 อย่าง และเลือกตอบสนองสิ่งเร้าเป้าหมายแต่ละอย่างได้อย่างถูกต้อง โดยไม่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าลวง

4) ความตั้งใจแบบคงทน (Sustain Attention: SUTA) หมายถึง ความสามารถในการคงความตั้งใจจดจ่อ กับการสังเกตสิ่งเร้าเป้าหมายเป็นระยะเวลานานพอสมควร โดยยังสามารถ ตอบสนองต่อสิ่งเร้าเป้าหมายได้ถูกต้อง

3.2 ความจำขณะทำงาน (Working Memory: WMMA) หมายถึง ความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลในช่วงเวลาสั้นๆ และมีการประมวลผลข้อมูลไปพร้อมกัน ความจำขณะทำงาน ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบดังนี้

1) กระบวนการขั้นพื้นฐานของความจำขณะทำงาน (Basic Processing: BWMA) หมายถึง ความสามารถในการจัดเก็บและประมวลผลที่ไม่ซับซ้อน

2) ความสามารถผลัดเปลี่ยน (Shifting Working Memory: SWMA) หมายถึง ความสามารถในการย้ายหรือสลับเปลี่ยนการดำเนินการจากสภาวะการณ์หนึ่งไปยังสภาวะการณ์หนึ่ง

3) ความสามารถปรับปรุง (Updating Working Memory: UWMA) หมายถึง ความสามารถในการทำให้ข้อมูลทันสมัยหรือการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลที่ถูกรักษาไว้ในความจำขณะทำงาน

4) ความสามารถยับยั้ง (Inhibition Working Memory: IWMA) หมายถึง ความสามารถในการเพิกเฉยหรือละเว้นสิ่งเร้าที่ไม่เกี่ยวข้องหรือระงับปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องในขณะทำงานอยู่

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า “ซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน” ที่พัฒนาขึ้นโดย ศานิตย์ ศรีคุณ, อิศรานุวัฒน์ ศรีคุณ และ นายอนุชิต กุระจินดา (2561) ที่สามารถวัดได้ทั้งมิติความถูกต้องและมิติเวลา แต่การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีในมิติความถูกต้องเท่านั้น ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที มีรายละเอียด มีดังนี้

1) สามารถเก็บข้อมูลของผู้ทดสอบไว้ในซอฟต์แวร์นี้ได้ ได้แก่ ชื่อ ชั้น ห้อง เลขที่ โรงเรียน ครั้งที่ทดสอบ อายุ(ปี/เดือน) น้ำหนัก ส่วนสูง โรคประจำตัว คะแนนที่ทำถูก (รวมทั้งหมดในแต่ละแบบวัดและรายข้อ) เวลาที่ทำแบบวัด (เวลาเฉลี่ยในแต่ละแบบวัดและรายข้อ) ตัวอย่างดังภาพที่ 2

ข้อมูล

ชื่อ - นามสกุล

ชั้น ห้อง เลขที่

โรงเรียน

อายุ ปี เดือน เพศ ☒ ชาย ☐ หญิง

น้ำหนัก (กก.) ส่วนสูง (ซม.)

ทดสอบครั้งที่

โรคประจำตัว

[ลงทะเบียน](#)

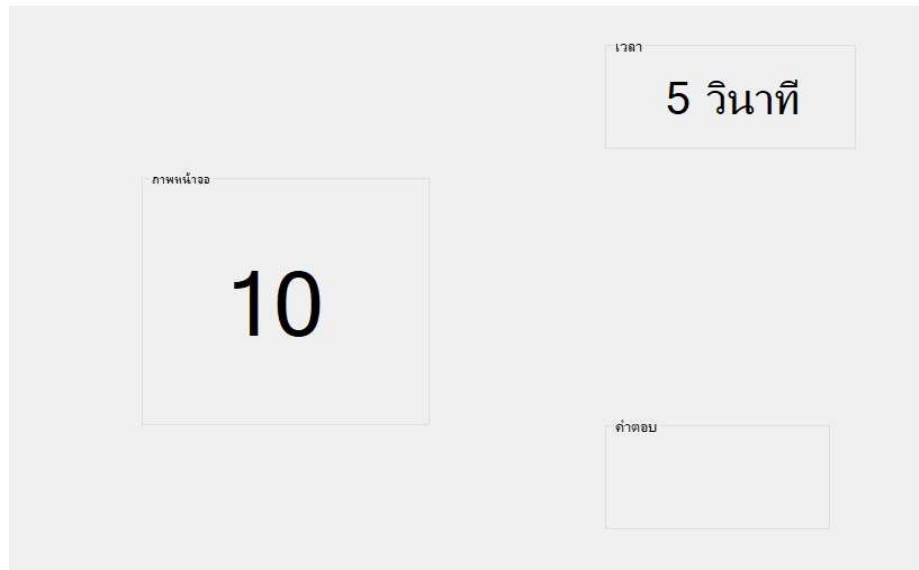
ภาพที่ 2 ตัวอย่างหน้าจอที่เก็บข้อมูลของผู้ทดสอบ

2) ซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ประกอบด้วย 8 แบบวัด แบบวัดละ 30 ข้อ ใช้วัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา จำนวน 2 ตัวแปร คือ ความตั้งใจ และความจำขณะทำงาน ตัวแปรละ 4 แบบวัด โดยผู้ทำแบบวัดต้องตอบสนองให้ถูกต้องและใช้เวลาให้น้อยที่สุด มีตัวอย่างลักษณะแบบวัดดังตารางที่ 1

ตาราง 1 ตัวอย่างลักษณะแบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงานของแต่ละแบบวัด

ตัวอย่างแบบวัด	สิ่งที่วัด	ลักษณะแบบวัด
แบบวัดความตั้งใจ		
การเลือกตัวเลขขั้นพื้นฐาน	ความตั้งใจแบบเลือก	ปรากฏ “10” กด 1 และ ปรากฏ “11” กด 2
การเลือกตัวเลขขั้นสูง	ความตั้งใจแบบคงทน	ปรากฏ “10” กด 1, ปรากฏ “11” กด 2 และตัวเลขอื่นๆ ไม่กด
แบบวัดความจำขณะทำงาน		
3.การรู้ทันตัวเลข	ความสามารถปรับปรุง	<p>สิ่งเร้า: นำเสนอตัวเลข 1-9 กลางจอทีละตัว จำนวนตัวเลขที่นำเสนอในการทดสอบแต่ละครั้งแตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้</p> <p>(ข้อ1-ข้อ 6) ปรากฏตัวเลข 3 ตัว แล้วถามว่า ตัวเลขตัวสุดท้ายคือตัวเลขใด</p> <p>(ข้อ7-ข้อ 12) ปรากฏตัวเลข 4 ตัว แล้วถามว่า ตัวเลขก่อนตัวสุดท้ายคือตัวเลขใด</p> <p>(ข้อ13-ข้อ 18) ปรากฏตัวเลข 5 ตัว แล้วถามว่า ตัวที่ 2 นับจากตัวสุดท้ายคือตัวเลขใด</p> <p>(ข้อ19-ข้อ 24) ปรากฏตัวเลข 6 ตัว แล้วถามว่า ตัวที่ 3 นับจากตัวสุดท้ายคือตัวเลขใด</p> <p>(ข้อ25-ข้อ 30) ปรากฏตัวเลข 6 ตัว แล้วถามว่า ตัวที่ 4 นับจากตัวสุดท้ายคือตัวเลขใด</p> <p>การตอบสนอง: ให้ผู้ทำแบบวัดกดปุ่มตัวเลข เมื่อมีข้อความบนจอว่า "พิมพ์ตัวเลขที่ถูกต้อง" มีการทดสอบ 30 ครั้ง</p>
4.ความสอดคล้องของคำและความหมาย	ความสามารถยับยั้ง	<p>สิ่งเร้า: สิ่งเร้าเป็นคำข้อสี่ 4 สี่ได้แก่ แดง เขียว น้ำเงินและเหลือง พิมพ์ด้วยหมึกสีแดง เขียว น้ำเงินและเหลือง ผู้ทำแบบวัดต้องตัดสินใจว่า คำข้อสี่นั้นพิมพ์ด้วยหมึกสีตรงกับชื่อคำหรือไม่</p> <p>การตอบสนอง: ถ้า “ชื่อคำ กับ สีหมึก ตรงกัน” ให้กด 1 และถ้า “ชื่อคำ กับสีหมึก ไม่ตรงกัน” กด 2 มีการทดสอบ 30 ครั้ง</p>

ตัวอย่างหน้าจอแบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างหน้าจอแบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน

3) สามารถส่งออกข้อมูลของผู้ทดสอบจากซอฟต์แวร์ในข้อ (1) และข้อ (2) ส่งออกเป็นไฟล์โปรแกรมเอ็กเซล (Excel) ได้

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยนี้มีขั้นตอน ดังนี้

1) ดำเนินการติดต่อประสานงานกับครู ผู้บริหารโรงเรียน เพื่อชี้แจงและทำความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับการวิจัยครั้งนี้ และร่วมกันวางแผนการวิจัย

2) ทำความเข้าใจร่วมกันกับนักเรียนเพื่อสร้างความตระหนักให้นักเรียนได้ทำซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ตามความเป็นจริง

3) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามแผนที่วางไว้

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์สถิติพื้นฐานด้วย ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ความเบ้ และความโด่ง

2) การวิจัยครั้งนี้เป็นการหาความตรงเชิงทฤษฎี (Construct Validity) โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ด้วยโปรแกรม MPlus (Muthen & Muthen, 2017)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. ค่าสถิติพื้นฐาน

การวิเคราะห์สถิติพื้นฐานเพื่อตรวจสอบลักษณะการแจกแจงหรือการกระจายของข้อมูลในทุกกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV(%)) ค่าต่ำสุด (MIN) ค่าสูงสุด (MAX) ความเบ้ (SK) และความโด่ง (KU) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสถิติพื้นฐาน

ตัวแปร	ค่าสถิติ						
	$\bar{x}$	S.D.	CV (%)	MIN	MAX	SK	KU
ATTA							
SRTA	26.803	2.969	11.076	10.00	30.00	-2.769	0.145
FATA	27.217	2.230	8.192	11.00	30.00	-2.630	0.496
SETA	25.920	3.252	12.548	5.00	30.00	-2.858	0.766
SUTA	26.606	3.599	13.526	3.00	30.00	-3.138	0.544
WMMA							
BWMA	25.713	1.761	6.847	15.00	30.00	-0.908	0.776
SWMA	25.525	2.060	8.068	14.00	29.00	-0.866	0.768
UWMA	25.477	2.452	9.622	11.00	30.00	-2.023	0.096
IWMA	25.699	1.825	7.101	16.00	30.00	-0.370	0.491

จากตารางที่ 2 รายงานค่าสถิติพื้นฐานของทุกตัวแปร และพบว่าค่าความเบ้ (SK) อยู่ระหว่าง -3.138 ถึง -0.370 ซึ่งน้อยกว่า 0.3 และค่าความโด่ง (KU) อยู่ระหว่าง 0.096 ถึง 0.776 ซึ่งน้อยกว่า 0.8 ถือว่าทุกตัวแปรมีการแจกแจงปกติ (Normality) (Kline, 2016)

2. ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้

ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้ในโมเดล มีรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้

ตัวแปร	1.SRTA	2.FATA	3.SETA	4.SUTA	5.BWMA	6.SWMA	7.UWMA	8.IWMA
1.SRTA	1							
2.FATA	0.411**	1						
3.SETA	0.296**	0.498**	1					
4.SUTA	0.315**	0.447**	0.384**	1				
5.BWMA	0.324**	0.525**	0.380**	0.301**	1			
6.SWMA	0.222**	0.321**	0.232**	0.197**	0.615**	1		
7.UWMA	0.157**	0.184**	0.208**	0.197**	0.353**	0.349**	1	
8.IWMA	0.208**	0.262**	0.207**	0.170**	0.512**	0.505**	0.534**	1

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy= 0.813** ,
Bartlett's Test of Sphericity: $\chi^2 = 3558.268$, df= 28 , p=0.000, หมายเหตุ **p<0.01

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 8 ตัวแปร เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดว่ามีปัญหาเกี่ยวกับภาวะร่วมเส้นตรงพหุ (Multicollinearity) หรือไม่ พบว่า ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจำนวน 28 คู่ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างน้อยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.157-0.615 และผู้วิจัยนำตัวแปรที่สังเกตได้ทุกตัวไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยที่ตัวแปรทุกตัวไม่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติเกี่ยวกับภาวะร่วมเส้นตรงพหุ (Multicollinearity) (Johnson and Wichern, 2014)

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity ซึ่งเป็นค่าสถิติทดสอบสมมติฐานว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (identity metric) หรือไม่ พบว่ามีค่า χ^2 เท่ากับ 3558.268 ($p < 0.01$) แสดงว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์มีความแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สอดคล้องกับค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO) ซึ่งมีค่าใกล้ 1 (KMO=0.813) แสดงให้เห็นว่าตัวแปรต่างๆ มีความสัมพันธ์กันมากและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ต่อไป (Johnson and Wichern, 2014)

3. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ในมิติความถูกต้อง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ในมิติความถูกต้อง เทียบกับเกณฑ์ดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดล (Goodness of fit indices) ดังนี้ (Kelloway, 2015)

1) ค่าไคส์แควร์ (chi-square: χ^2) เท่ากับ 18.295 โดยมีค่าองศาแห่งความเป็นอิสระ (degrees of freedom) เท่ากับ 13 และค่าความน่าจะเป็น (p-value) เท่ากับ 0.143 แสดงว่าข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่มีความแตกต่างจากทฤษฎี

2) อัตราส่วนค่าไคส์แควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) มีค่าเท่ากับ 1.407 อยู่ระหว่างอัตราส่วน 2:1 แสดงว่าโมเดลการวัดนี้เหมาะสม

3) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ (The Comparative Fit Index: CFI) เท่ากับ 0.999 มีค่ามากกว่า 0.95 แสดงว่าโมเดลการวัดนี้มีความสอดคล้องดีมาก

4) ดัชนี Tucker-Lewis Coefficient (TLI) เท่ากับ 0.997 มีค่ามากกว่า 0.95 แสดงว่าโมเดลการวัดนี้มีความสอดคล้องดีมาก

5) ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (Root mean Square Error Approximation: RMSEA) เท่ากับ 0.016 มีค่าน้อยกว่า 0.03 แสดงว่าโมเดลการวัดนี้มีความสอดคล้องดีมาก

6) ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (Standardized Root Mean Residual: SRMR) เท่ากับ 0.014 มีค่าน้อยกว่า 0.08 แสดงว่าโมเดลการวัดนี้มีความสอดคล้องดีมาก

รายละเอียด ดังตารางที่ 4

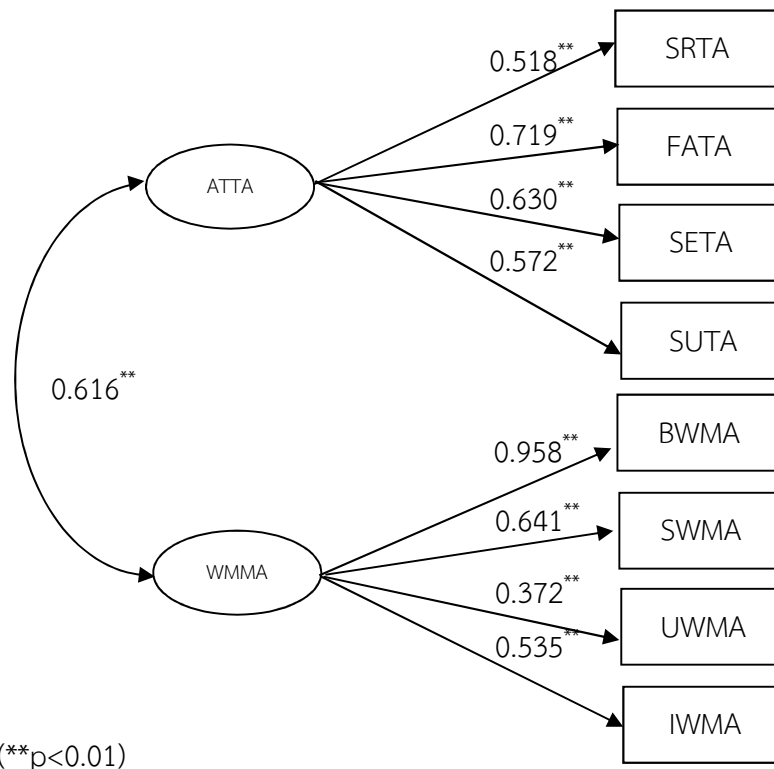
ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: มิติความถูกต้อง

ตัวแปรสังเกตได้	น้ำหนักองค์ประกอบ			β	FS	R^2
	b	SE	t			
ATTA						
SRTA	1.000	0.000	<---->	0.518	0.080	0.269
FATA	1.146	0.068	16.894**	0.791	0.305	0.626
SETA	1.330	0.084	15.795**	0.630	0.110	0.396
SUTA	1.336	0.088	15.224**	0.572	0.081	0.327
WMMA						
BWMA	1.000	0.000	<---->	0.958	0.854	0.918
SWMA	0.782	0.046	17.188**	0.641	0.056	0.410
UWMA	0.541	0.045	12.068**	0.372	0.002	0.138
IWMA	0.579	0.038	15.393**	0.535	0.035	0.287

หมายเหตุ ** $p < 0.01$,

<----> ไม่รายงานค่า SE และ t เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์บังคับ (constrained parameter)

จากตารางที่ 4 พบว่า องค์ประกอบความตั้งใจมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (β) เรียงจากมากไปน้อย คือ ความตั้งใจแบบเจาะจง (FATA) ความตั้งใจแบบเลือก (SETA) ความตั้งใจแบบคงทน (SUTA) และ ความตั้งใจแบบคงทน (SUTA) ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบความจำขณะทำงาน มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (β) เรียงจากมากไปน้อย คือ กระบวนการขั้นพื้นฐานของความจำขณะทำงาน (BWMA) ความสามารถผลัดเปลี่ยน (SWMA) ความสามารถยับยั้ง (IWMA) และความสามารถปรับปรุง (UWMA) ตามลำดับ สรุปได้ดังภาพที่ 4



[$\chi^2=18.295$, $df=13$, $p=0.143$, $\chi^2/df=1.407$, $CFI=0.999$, $TLI=0.997$, $RMSEA=0.016$, $SRMR=0.014$]

ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ในมิติความถูกต้อง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ในมิติความถูกต้อง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1,504 คน แบบวัดนี้เป็นลักษณะของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เพื่อวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา จำนวนทั้งสิ้น 8 แบบวัด ประกอบด้วยแบบวัดความตั้งใจ จำนวน 4 แบบวัด และแบบวัดความจำขณะทำงาน จำนวน 4 แบบวัด วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ผลการวิจัยปรากฏว่า ซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน มีความตรงเชิงทฤษฎี (Construct Validity) ตามทฤษฎีของทศนีย์ บุญเต็ม และคณะ (2557) ซึ่งความตรงเชิงทฤษฎีเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือ ที่สามารถแสดงได้ว่าวัดคุณลักษณะที่ต้องการ และได้นิยามตามแนวคิดเชิงทฤษฎีของคุณลักษณะดังกล่าว นั้นคือแบบวัดนี้สามารถให้ข้อมูลและสารสนเทศเกี่ยวกับความสามารถเชิงพุทธิปัญญาทั้งความตั้งใจและความจำขณะทำงานในมิติความถูกต้องได้อย่างตรงทฤษฎีแน่นอน อีกทั้งการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เป็นวิธีวิทยาการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kelloway, 2015) และในปัจจุบันนี้ได้มีการนำวิธีวิทยาการวิเคราะห์ข้อมูลนี้มาใช้

ในทางการศึกษาอย่างมากมาย เช่น ศานิตย์ ศรีคุณ (2560), Srikoon, et al (2016) และ Srikoon, et al (2018) เป็นต้น

เมื่อพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างความตั้งใจและความจำขณะทำงาน (0.616^{**}) พบว่าความสามารถเชิงพุทธิปัญญา ประกอบด้วย ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน สอดคล้องกับแนวคิดของ ทศนีย์ บุญเต็ม และคณะ (2557) ที่ได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องมือวัดทางพุทธิปัญญา ได้แก่ ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน และเมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบของความตั้งใจ พบว่า ความตั้งใจประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ปฏิภินิชาขั้นต้น ความตั้งใจแบบเจาะจง ความตั้งใจแบบเลือก และความตั้งใจแบบคงทน อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบของความจำขณะทำงาน พบว่า ความจำขณะทำงาน ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ กระบวนการขั้นพื้นฐานของความจำขณะทำงาน ความสามารถผลัดเปลี่ยน ความสามารถปรับปรุง และความสามารถยับยั้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srikoon et al (2017) ที่ได้ดำเนินการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้ 5P model มีการดำเนินการวัดความตั้งใจทั้ง 4 องค์ประกอบ และความจำขณะทำงานทั้ง 4 องค์ประกอบ นั่นคืองานวิจัยนี้ใช้กรอบทฤษฎีว่าความตั้งใจมี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ปฏิภินิชาขั้นต้น ความตั้งใจแบบเจาะจง ความตั้งใจแบบเลือก และความตั้งใจแบบคงทน และความจำขณะทำงาน มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ กระบวนการขั้นพื้นฐานของความจำขณะทำงาน ความสามารถผลัดเปลี่ยน ความสามารถปรับปรุง และความสามารถยับยั้ง ทั้งนี้การที่จะได้ข้อมูลและสารสนเทศตามทฤษฎีที่ได้ยืนยันนั้นต้องมีการบริการการสอบที่พร้อม เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ต้องมีความพร้อม ไม่ชำรุด และระบบไฟฟ้าภายในห้องสอบไม่ขัดข้อง เป็นต้น และผู้คุมสอบต้องอธิบายและชี้แจงเกี่ยวกับกระบวนการสอบ พร้อมทั้งต้องกำกับควบคุมการสอบให้ดำเนินการด้วยความสุจริต เป็นต้น กระบวนการดำเนินงานเหล่านี้ทำให้ผู้วิจัยได้คะแนนความถูกต้องของความสามารถเชิงพุทธิปัญญาอย่างตรงตามทฤษฎี

ผลการวิจัยครั้งนี้ สามารถยืนยันได้ว่า ซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา ได้แก่ ความตั้งใจและความจำขณะทำงานในมิติความถูกต้องได้ตรงตามทฤษฎีของ ทศนีย์ บุญเต็ม และคณะ (2557) ส่งผลให้ซอฟต์แวร์แบบวัดนี้สามารถให้ข้อมูลและสารสนเทศเกี่ยวกับความตั้งใจและความจำขณะทำงาน อันเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากความจำขณะทำงานส่งผลต่อทักษะการเรียนรู้ และส่งผลต่อความสามารถทางพุทธิปัญญา (Cognitive Ability) อื่นๆ ด้วย (Gathercole et al, 2019) และความตั้งใจส่งผลต่อความจำขณะทำงานและส่งผลต่อการเรียนรู้อีกด้วย (Tolmie, 2015) ดังนั้นถ้าทราบข้อมูลและสารสนเทศที่ชัดเจนเกี่ยวกับตัวแปรทั้งสองแล้วก็จะสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือสรรหาเทคนิควิธีการสอนที่ส่งเสริมความตั้งใจและความจำขณะทำงาน เช่น การสอนคณิตศาสตร์ด้วยเทคนิค Rhymes, Visual Representation และ Crazy Phrases เป็นต้น (Meltzer, 2010) อันจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาผู้เรียนได้อย่างแท้จริง

การวิจัยนี้เป็นการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ในมิติความถูกต้องที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาได้ทั้งความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ซึ่งพบว่ามีค่าความตรงเชิงทฤษฎี นั่นคือซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา ได้แก่ ความตั้งใจและความจำขณะทำงานในมิติความถูกต้องได้ตรงตามทฤษฎี ซอฟต์แวร์นี้จึงเป็นประโยชน์ต่อการวัดประเมินผลและการจัดการเรียนการสอน สามารถให้ข้อมูลและสารสนเทศเกี่ยวกับ

ความสามารถเชิงพุทธิปัญญาเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน อันส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพอย่างแท้จริง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ผลการวิจัยนี้ชี้ชัดว่าซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถวัดได้ตรงตามทฤษฎี ดังนั้นครูผู้สอนควรนำซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้วัดผู้เรียน เพื่อให้ทราบข้อมูลและสารสนเทศอย่างแท้จริง และเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้พัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

2) ประเด็นที่สำคัญและต้องคำนึงถึงในการทำวิจัย ก็คือ แม้ว่าซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ที่พัฒนาขึ้นนี้ มีความตรงตามทฤษฎี แต่ว่าเมื่อนำไปใช้ควรมีการกำกับควบคุมกระบวนการทดสอบด้วยซอฟต์แวร์แบบวัดนี้ให้ถูกต้องตามหลักการทดสอบ เช่น ควรจัดการสอบในห้องที่ไม่มีเสียงรบกวน ควรจัดการสอบในห้องที่มีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่พร้อม ควรจัดการสอบให้เป็นไปตามเวลาที่กำหนด เป็นต้น เพื่อให้การวัดเป็นไปตามทฤษฎีหรือค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่ระบุไว้

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) การวิจัยนี้เป็นการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาในมิติความถูกต้อง ได้ทั้งความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการพัฒนาแบบวัดที่สามารถวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาอื่นๆ เช่น ความสามารถในการบริหารจัดการ (Executive Function) ความรู้สึก (Feeling) และการคิด (Thinking) เป็นต้น

2) การวิจัยนี้เป็นการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา โดยไม่ได้คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างเพศ วัฒนธรรม และระดับชั้น ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (Multiple Group) เพื่อวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยน (Invariance) ระหว่างตัวแปรดังกล่าว เพื่อให้ได้สารสนเทศไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยพะเยา โครงการจัดตั้งหน่วยวิจัยเพื่อความเป็นเลิศ (Unit of Excellence) ด้านวิธีวิทยาการวิจัยทางนวัตกรรมและวิทยาการเรียนรู้ที่ใช้ประสาทวิทยาศาสตร์เป็นฐาน

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). นโยบาย ปิงบประมาณ พ.ศ. 2560 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา

ขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

กลุ่มสารสนเทศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). ข้อมูลนักเรียนปีการศึกษา 2560.

ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2561, จาก http://data.bopp-obec.info/emis/schooldata-view_student_area.php?Area_CODE=101732.

ทัศนีย์ บุญเต็ม, จตุภูมิ เขตจัตุรัส, จักรกฤษณ์ สำราญใจ, จุติมา เมทนีธร, จินตนาภรณ์ วัฒนธร, สกภาพร มัชฌิมะปุระ และคณะ. (2557). **การพัฒนาเครื่องมือวัดทางพุทธิปัญญา (ฉบับภาษาไทย).**

กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

นางลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). **ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น Lisrel: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศานิตย์ ศรีคุณ, อิศราณัฐวัฒน์ ศรีคุณ และ นายอนุชิต กุระจินดา. (2561). **การพัฒนาซอฟต์แวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน.** พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา.

ศานิตย์ ศรีคุณ. (2560). การตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของแบบวัดจริยธรรมในกระบวนการวิจัย. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 40(4), 47-58.**

Apape, M. M., Verdonschot, G. R., Dantzig, V. S., & Steenbergen, V. H. (2014). **The E-Primer: An introduction to creating psychological experiments in E-Prime®.** Netherlands: Leiden University Press.

Gathercole, E. S., Dunning, I. D., Holmesw, J., & Norris, D. (2019). Working memory training involves learning new skills. **Journal of Memory and Language, 105(1), 19-42.**

Feiler, J. B., & Stabio, M. E. (2018). Three Pillars of Educational Neuroscience from Three Decades of Literature. **Trends in Neuroscience and Education, 13, 17-25.**

Johnson, R., & Wichern, D. (2014). **Applied Multivariate Statistical Analysis.** 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson.

Kelloway, K. E. (2015). **Using M-Plus for Structural Equation Model.** 2nd. USA: SAGE Publication, Inc.

Kline, R. B. (2016). **Principles and Practice of Structural Equation Modeling.** 4th ed. New York: Guilford Publications.

Meltzer, L. (2010). **Promoting Executive Function in the Classroom.** New York: The Guilford Press.

Muthen, K. L., & Muthen, O. B. (2017). **Mplus statistical analysis with latent variables User Guided.** 8th. Los Angeles: CA.

Srikoon, S., Bunterm, T., Nethanomsak, T., & Ngang, T. K. (2016). Construct Validity and Measurement Invariance of the Research Skill Inventory. **Mediterranean Journal of Social Sciences, 7(3), 366-377.**

Srikoon, S., Bunterm, T., Nethanomsak, T., & Ngang, T. K. (2017). A Comparative Study of the Effects of the Neurocognitive-based Model and the Conventional Model on Learner Attention, Working Memory and Mood. **Malaysian Journal of Learning and Instruction, 14(1), 83-110.**

- Srikoon, S., Viriyapong, N., and Chutiman, N. (2018). Examining Construct Validity and Measurement Invariance of Mood across Gender and Grade. **Journal of Education Khon Kaen University**, 41(1), 17-38.
- Tolmie, A. (2015). Neuroscience of Education. **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences**. 2nd. 728-735.