

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความสามารถด้าน คำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

A CONFIRMATORY FACTOR ANALYSIS OF NUMERACY OF MATHAYOMSUKSA 2 STUDENTS

กฤษฎา แก้วสิงห์*

Kisada Kawsing*

พนิดา มารุ่งเรือง**

Panida Marungruang**

สุวิมล กฤษศยาสน์***

Suwimon Kritkharuehart***

เรืองเดช ศิริกิจ****

Ruangdech Sirikit****

* นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

* Ph.D. Candidate, Research and Development on Human Potentials, Faculty of Education, Srinakharinwirot University

* Email: krunk2006@hotmail.com

** อาจารย์ประจำ ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

** Lecturer, Department of Educational Measurement and Research, Faculty of Education, Srinakharinwirot University

** Email: panidam@swu.ac.th

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาการประเมินและการวิจัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

*** Assistant Professor, Department of Educational Evaluation and Research, Faculty of Education, Ramkhamhaeng University

*** Email: mon_swu@windowslive.com

**** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**** Assistant Professor, Educational and Psychological Test Bureau, Srinakharinwirot University

**** Email: ruandech@swu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์และตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 จำนวน 660 คน ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ จำนวน 30 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การแปรผัน ความเบ้ ความโด่ง และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง

ผลการวิจัยพบว่า โมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ($\chi^2=288.15$, $df=263$, $P\text{ value} = 0.137$, $\chi^2/df = 1.095$, $GFI = 0.97$, $AGFI = 0.95$, $SRMR = 0.027$, $RMSEA = 0.012$) โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.76-0.99 ทุกองค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และโมเดลการวัดตัวแปรแฝงความสามารถด้านคำนวณมีความเชื่อมั่นของตัวแปรแฝง (p_c) อยู่ระหว่าง 0.96-0.98

คำสำคัญ: ความสามารถด้านคำนวณ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

Abstract

This research intended to analysis and examine a numeracy measurement model for Mathayomsuksa two students with empirical data. The sample was six hundred and sixty in Mathayomsuksa two students, selected by two-stage random sampling from Mathayomsuksatwo students of Nakhon Ratchasima Primary Educational Service Area Office 4. The data was collected using thirty-item numeracy test and were analyzed using mean, standard deviation, coefficient of variation, skewness, kurtosis and second order confirmatory factor analysis.

The research results indicated that numeracy of Mathayomsuksa two students consists of three components: concept, calculation, mathematical and processing skills and model was fitted with the empirical data ($\chi^2=288.15$, $df=263$, $p\text{-value} = 0.137$, $\chi^2/df = 1.095$, $GFI=0.97$, $AGFI=0.95$, $SRMR = 0.027$, $RMSEA= 0.012$) with standardized factor loading between 0.76 to 0.99. All the elements are statistically significantat 0.01. The construct reliability (p_c) of numeracy model is situated between 0.96 to 0.98.

Keywords: Numeracy, Confirmatory Factor Analysis

บทนำ

ความสามารถด้านคำนวณ (Numeracy) เป็นทักษะที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักเรียนในยุคของสังคมข้อมูลข่าวสารและเทคโนโลยีที่มีความรวดเร็วและเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา นักเรียนทุกวันนี้ต้องเผชิญหน้ากับกิจกรรมประจำวันที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เช่น การจับจ่ายใช้สอย การเดินทาง การจัดระเบียบการเงินของตนเอง การประเมินสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งความรู้ทางคณิตศาสตร์สามารถเข้ามาช่วยทำให้การมองประเด็น การตั้งปัญหาหรือการแก้ปัญหา มีความชัดเจนยิ่งขึ้น (สูนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี, และอัมพิกา ประโมจน์, 2550, น. 95; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554, น.37) รวมทั้งยังเป็นหนึ่งในทักษะที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียนทุกคนเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 จากความสำคัญดังกล่าวจึงได้มีหน่วยงานระหว่างประเทศทำการประเมินความสามารถด้านคำนวณของประชากรในแต่ละช่วงอายุ เพื่อตรวจสอบว่าประชากรของแต่ละประเทศมีความพร้อมสำหรับเป็นพลเมืองของชาติที่มีศักยภาพในการพัฒนาประเทศและการแข่งขันได้มากน้อยเพียงใด เช่น สมาคมนานาชาติเพื่อประเมินสัมฤทธิ์ผลทางการศึกษา (International Association for the Evaluation of Educational Achievement: IEA) ได้ทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ ตามโครงการ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) โดยมีการกำหนดกรอบการประเมินความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในปี ค.ศ. 2015 ขึ้นเป็นครั้งแรก (IEA, 2013) หรือการประเมินตามโครงการ Programme for the International Assessment of Adult Competencies หรือเรียกสั้นๆ ว่าโครงการ PIAAC ดำเนินงานโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development: OECD) เป็นโครงการที่ประเมินสมรรถนะของบุคคลที่มีอายุระหว่าง 16-65 ปี ซึ่งถือเป็นวัยแรงงานที่สำคัญของประเทศ โดยวัดจากสมรรถนะหลัก 4 ด้าน คือ การรู้หนังสือ (Literacy) ความสามารถในการอ่าน (Reading Component) ความสามารถด้านคำนวณ (Numeracy) และความสามารถในการแก้ปัญหาภายใต้สภาพแวดล้อมที่ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี (Problem Solving in Technology – Rich Environments) มีประเทศที่เข้าร่วมโครงการแล้วประมาณ 25 ประเทศ ทั้งในยุโรปอเมริกา และเอเชีย สำหรับประเทศไทยยังไม่ได้เข้าร่วมโครงการนี้ แต่มีแนวโน้มการเข้าร่วมการประเมินในอนาคต โดยสภาการศึกษาเป็นผู้รับผิดชอบ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2557)

ในปัจจุบันหลายๆ ประเทศได้ให้ความสำคัญกับความสามารถด้านคำนวณและได้พยายามพัฒนานักเรียนของตนเองให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้นเป็นที่ยอมรับของนานาชาติ ประเทศอังกฤษได้กำหนดมาตรฐานความสามารถด้านคำนวณไว้ในหลักสูตรการศึกษาของชาติ (Russell, 2009) ราชรัฐเวลส์กำหนดกรอบแนวคิดสำหรับพัฒนาความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียนอายุ 5 – 14 ปี ไว้ในหลักสูตรการศึกษาของชาติ (Department for Education and Skills, 2013) ประเทศออสเตรเลียได้จัดให้มีการประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติทางด้านความสามารถด้านคำนวณกับนักเรียนที่เรียนในเกรด 3, 5, 7 และ 9 (Human Capital Working Group, Council of Australian Government, 2008) สำหรับประเทศไทยหน่วยงานหลักที่มีส่วนในการจัดการศึกษาของประเทศ เช่น สำนักทดสอบทางการศึกษาได้ปรับเปลี่ยนการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติจากการประเมินที่มุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์มาเป็นการประเมินวัดความสามารถพื้นฐานสำคัญ 3 ด้าน คือ ด้านภาษา (Literacy) ด้านคำนวณ (Numeracy) และด้านเหตุผล (Reasoning Abilities) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยเริ่มดำเนินการครั้งแรกในปีการศึกษา 2555 เป็นต้นมา ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถที่ตกผลึก (Crystallization) จากการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และถือเป็นความสามารถพื้นฐานเบื้องต้นที่สำคัญสำหรับนำไปใช้ในการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น รวมทั้งยังสะท้อนไปสู่การยกระดับผลการประเมินระดับชาติ (O-NET) และนานาชาติ (PISA) อีกด้วย (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2556, น. 2)

จากเหตุผลที่กล่าวมาในข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาองค์ประกอบการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เหมาะสมกับสภาพบริบทของประเทศไทยโดยทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงของโมเดลการวัดจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองและทำการศึกษากับนักเรียนในจังหวัดนครราชสีมาเนื่องจากมีผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน O-NET ทั้งจังหวัดในปีการศึกษา 2558 และ 2559 ในรายวิชาคณิตศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับประเทศ ประกอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ต้องเตรียมความพร้อมสำหรับการประเมินในระดับนานาชาติตามโครงการ TIMSS และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนสำหรับการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามโครงการ PISA รวมไปถึงการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน O-NET อีกด้วยซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในแนวทางในการพัฒนานักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์และตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับข้อมูลเชิงประจักษ์

แนวคิดและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อทบทวนแนวคิดและความหมายของความสามารถด้านคำนวณ (numeracy) จากแหล่งต่างๆ พบว่า มีนักการศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ให้ความหมายความสามารถด้านคำนวณไว้อย่างหลากหลาย เช่น Cockcroft et al. (1982) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่า เป็นความสามารถในการนำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องของจำนวนและทักษะทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน รวมทั้งสามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เช่น กราฟ แผนภูมิ ตาราง ได้ถูกต้อง ส่วน Askew, Brown, Johnson, Rhodes, and William (1997) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่า เป็นความสามารถในการนำความคิดรวบยอดเกี่ยวกับระบบจำนวน กระบวนการและทักษะทางการคิดคำนวณ การสื่อสาร สื่อความหมายและการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ไปใช้กับสถานการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง และ McLean, Perkins, Tout, Brewer, and Wyse (2012) กล่าวว่า ความสามารถด้านคำนวณเป็นการนำความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์มาเป็นเครื่องมือในการดำเนินชีวิต สามารถเลือกใช้คณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับสถานการณ์ต่างๆ ที่พบเจอ จากความหมายความสามารถด้านคำนวณของแต่ละแห่งก็จะแตกต่างกันไปบ้างแต่จะมีส่วนที่เหมือนกันคือ เป็นความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่างๆ ที่อาจพบเจอในชีวิตจริงได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

องค์ประกอบของความสามารถด้านคำนวณจากการศึกษาของผู้วิจัยได้มาจากการสังเคราะห์แนวคิดการพัฒนาและประเมินความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน เช่น แนวคิดของกรมสามัญศึกษาและการจ้างงานของประเทศไทย (Department for Education and Employment, 1999) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ควรจะประกอบด้วยความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ 5 ด้าน ได้แก่ 1) ระบบจำนวนและสมบัติของจำนวน 2) ความสามารถในการคิดคำนวณ 3) ทักษะการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการวัด รูปร่าง รูปทรง และรูปเรขาคณิต และ 5) ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล แนวคิดของสำนักงานเพื่อพัฒนาหลักสูตร การวัดและประเมินผลแห่งชาติของออสเตรเลีย (Australian Curriculum, Assessment and Report Authority, 2012) เสนอให้มีการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนประกอบด้วยความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ 6 ด้าน ได้แก่ 1) การบวก ลบ คูณ หารจำนวนเต็มและการประมาณค่า 2) แบบรูปและความสัมพันธ์ 3) เศษส่วน ทศนิยม อัตราส่วนและร้อยละ 4) การให้เหตุผลเกี่ยวกับรูปร่าง รูปทรงและรูปเรขาคณิต 5) สถิติ และ 6) การวัด แนวคิดของกรมสามัญศึกษาและทักษะพื้นฐาน

(Department for Education and Skills, 2013) ได้ประกาศกำหนดมาตรฐานสำหรับความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียนในราชรัฐเวลส์ที่มีอายุ 5– 14 ปี ประกอบด้วย 1) ทักษะการให้เหตุผลเชิงจำนวน 2) ทักษะด้านจำนวน 3) ทักษะด้านการวัดและ 4) ทักษะด้านข้อมูล เป็นต้น จะเห็นว่ามุมมองความสามารถด้านคำนวณของแต่ละแห่ง เช่น ประเทศอังกฤษ ประเทศออสเตรเลียจะแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพบริบทของสังคม วัฒนธรรม การประกอบอาชีพและหลักสูตรการศึกษาคณิตศาสตร์ของแต่ละประเทศ แต่จะมีส่วนที่คล้ายคลึงกันบางส่วน เช่น 1) ทักษะการบวก ลบ คูณ หาร จำนวน 2) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น สำหรับกรอบแนวคิดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แนวคิดองค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณของสำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) โดยแบ่งเป็น 3 องค์ประกอบคือ 1) ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ 2) ทักษะการคิดคำนวณ และ 3) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและตัวอย่างในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วยโรงเรียนทั้งสิ้น จำนวน 65 โรงเรียนจำนวน 80 ห้องเรียน และนักเรียนจำนวนทั้งหมด 2,049 คน

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวนนักเรียน 660 คน โดยได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-stage Random Sampling) คือ ขั้นแรกสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยใช้ขนาดของโรงเรียนเป็นขั้นของการสุ่ม (Strata) มีโรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม (Sampling Unit) ทำการสุ่มโรงเรียนมาประมาณร้อยละ 50 ของโรงเรียนในแต่ละขนาดได้จำนวนทั้งสิ้น 25 โรงเรียน ขั้นที่ 2 สุ่มนักเรียนในแต่ละขนาดจากโรงเรียนที่ได้ในขั้นแรกด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยวิธีการจับฉลากตามสัดส่วนของประชากรในแต่ละขนาด โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่มได้นักเรียนตัวอย่างในโรงเรียนขนาดเล็ก 2 ห้องเรียน จำนวน 18 คน นักเรียนที่เป็นตัวอย่างในโรงเรียนขนาดกลาง 19 ห้องเรียน จำนวน 416 คน และนักเรียนที่เป็นตัวอย่างในโรงเรียนขนาดใหญ่ 7 ห้องเรียน จำนวน 226 คน รวมได้นักเรียนตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 660 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ จำนวน 30 ข้อ ประกอบด้วยข้อสอบวัดด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 10 คะแนน ข้อสอบวัดทักษะการคิดคำนวณเป็นแบบเติมคำตอบ จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 10 คะแนน และข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 6 คะแนน คะแนนเต็ม 60 คะแนน รวมทั้งฉบับคะแนนเต็ม 80 คะแนน ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดเป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนตอบคำถาม โดยแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามเพื่อวัดองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลโดยนำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณไปเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 660 คน โดยจัดเตรียมแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณให้มีจำนวนแบบทดสอบมากกว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างประมาณร้อยละ 20 (นำแบบทดสอบไปเก็บทั้งหมด 800 ฉบับ) เพื่อใช้ในการคัดเลือกกรณีตอบไม่สมบูรณ์หรือไม่มีความตั้งใจในการตอบ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยกำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ 90 นาที พร้อมทั้งแจ้งให้นักเรียนทราบถึงความสำคัญของการสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพและมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยมีการนำเสนอสถิติสำหรับการวิจัยดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สัมประสิทธิ์การแปรผัน (C.V.) ความเบ้ (Sk) ความโด่ง (Ku)

2. วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง (Second Order Confirmatory Factor Analysis) เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณ โดยใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: ML) โดยพิจารณาค่าสถิติและดัชนีต่างๆ ได้แก่ ค่าสถิติไคสแควร์ (χ^2) ค่าดัชนีอัตราส่วนไคสแควร์สัมพัทธ์ (Relative Chi-Square Ratio) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index: GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้ (Adjusted Goodness of Fit Index: AGF) ดัชนีรากมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (Standardized Root Mean Squared Residual: SRMR) ดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (Root Mean Squared Error of Approximation: RMSEA)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถด้านคำนวณพบว่า กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถด้านคำนวณเท่ากับ 29.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.40 สัมประสิทธิ์การแปรผันเท่ากับ 1.67 เมื่อพิจารณาค่าความเบ้ส่วนใหญ่มีค่าการแจกแจงในลักษณะเบ้ซ้าย (ค่าความเบ้ติดลบ) มีค่าเท่ากับ -0.57 แสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่สูงกว่าค่าเฉลี่ย เมื่อพิจารณาค่าความโด่ง มีค่าเท่ากับ -2.33 แสดงว่า ข้อมูลมีการแจกแจงลักษณะเป็นโค้งแบนกว่าปกติ แต่เมื่อพิจารณาค่า Bartlett's Test of Sphericity มีค่าเท่ากับ 7524.089 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p < .00$) แสดงว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ และค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy มีค่าเท่ากับ 0.929 แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้ของข้อมูลชุดนี้มีความสัมพันธ์กันมากพอที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองได้ โดยมีรายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 ค่าสถิติพื้นฐานความสามารถด้านคำนวณ ($n = 660$)

องค์ประกอบของความสามารถด้านคำนวณ	k	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	C.V.	Sk	Ku
ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	10	10	6.72	2.53	0.38	-0.56	-0.55
ทักษะการคิดคำนวณ	10	10	5.65	3.13	0.55	-0.39	-1.07
ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	10	60	17.30	12.74	0.74	0.38	-0.71
รวม	30	80	29.67	18.40	1.67	-0.57	-2.33

2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยค่าสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 288.15 และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value} = 0.137$) ค่า $\chi^2/df = 1.095$ ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าเท่ากับ 0.97 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้แล้ว (AGFI) มีค่าเท่ากับ 0.95 ค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.012 ค่าดัชนีรากมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (SRMR) มีค่าเท่ากับ 0.027 โมเดลการวัดตัวแปรแฝงความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (Con) มีค่าความเชื่อมั่น (p_c) ร้อยละ 96.90 และมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของตัวแปรแฝงที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกต (p_v) ร้อยละ 76.70 โมเดลการวัดตัวแปรแฝงทักษะการคิดคำนวณ (Cal) มีค่าความเชื่อมั่น (p_c) ร้อยละ 98.40 และมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของ

ตัวแปรแฝงที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกต (p_v) ร้อยละ 86.90 และโมเดลการวัดตัวแปรแฝงความทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Skill) มีค่าความเชื่อมั่น (p_c) ร้อยละ 98.40 และมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของตัวแปรแฝงที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกต (p) ร้อยละ 86.40

เมื่อพิจารณาตัวแปรแฝงความสามารถด้านคำนวณ (Num) ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรแฝง 3 ตัว ได้แก่ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (Con) ทักษะการคิดคำนวณ (Cal) และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Skill) พบว่า มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.76- 0.99 โดยตัวแปรแฝงทั้ง 3 ตัว มีความแปรผันร่วมกับตัวแปรแฝงความสามารถด้านคำนวณตั้งแต่ร้อยละ 58.00 – 99.00

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (Con) พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่าโดยมีค่าตั้งแต่ 0.31-0.67 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่าตั้งแต่ 0.55 – 0.90 โดยข้อคำถามมีค่าความแปรผันร่วมกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 10-45

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านทักษะการคิดคำนวณ (Cal) พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยมีค่าตั้งแต่ 0.46-0.67 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่าตั้งแต่ 0.54 – 0.79 โดยข้อคำถามมีค่าความแปรผันร่วมกับทักษะการคิดคำนวณตั้งแต่ร้อยละ 21-46

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Skill) พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่าโดยมีค่าตั้งแต่ 0.46-0.81 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่าตั้งแต่ 0.34 - 0.81 โดยข้อคำถามมีค่าความแปรผันร่วมกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 19-66

ผลการวิเคราะห์และโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แสดงดังตาราง 2 และภาพประกอบ 1

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

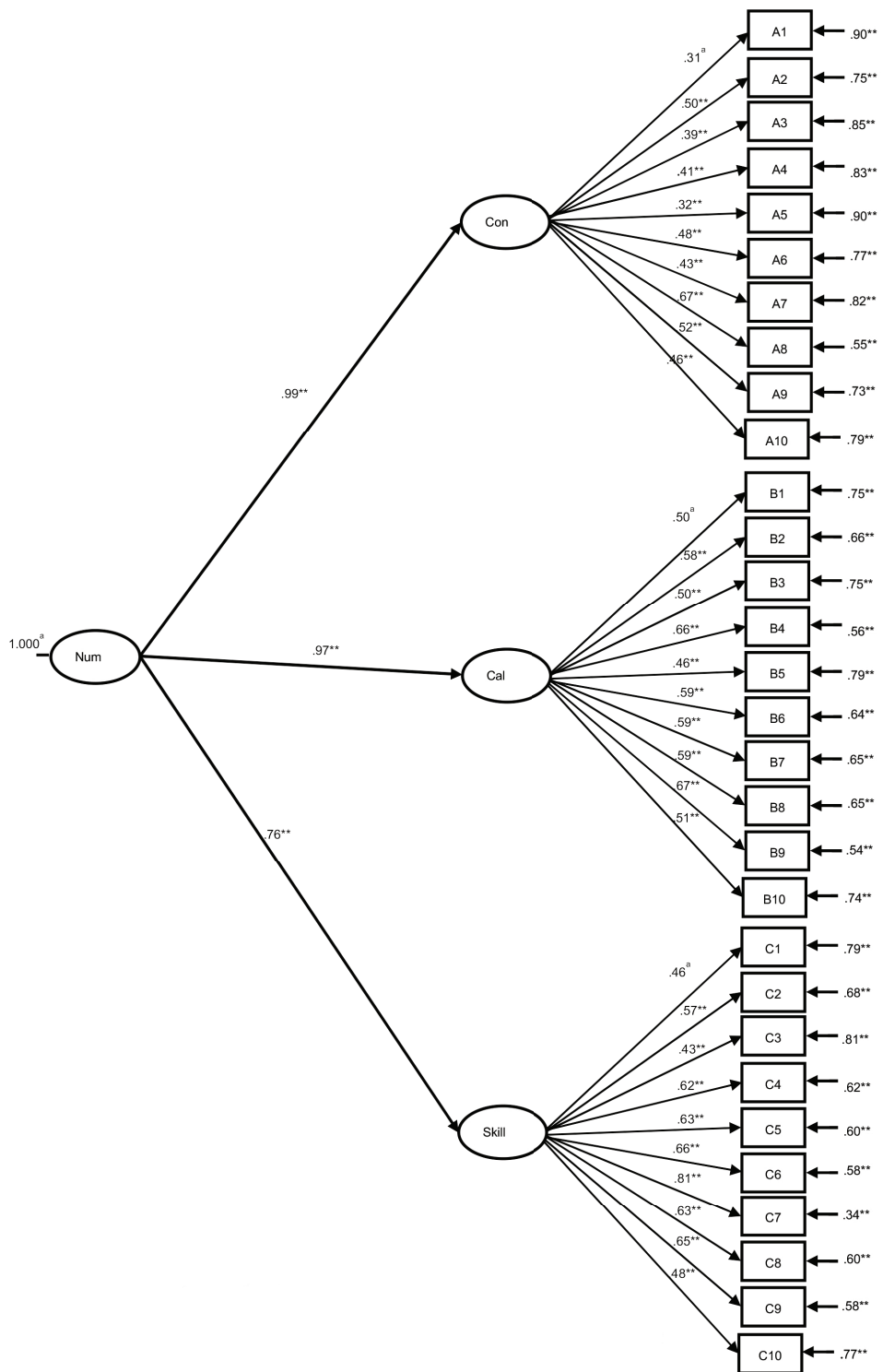
Factor	g	t	R2	Item	I	b	SE	t	e	R2
Con	0.99**	7.37	0.99	a1	0.31a	0.31a	-	-	0.90**	0.10
				a2	0.50**	0.50**	0.08	6.60	0.75**	0.25
				a3	0.39**	0.38**	0.06	6.22	0.85**	0.15
				a4	0.41**	0.41**	0.06	6.46	0.83**	0.17
				a5	0.32**	0.32**	0.06	5.45	0.90**	0.10
				a6	0.48**	0.48**	0.07	6.45	0.77**	0.23
				a7	0.43**	0.43**	0.07	6.40	0.82**	0.18
				a8	0.67**	0.67**	0.09	7.11	0.55**	0.45
				a9	0.52**	0.52**	0.08	6.67	0.73**	0.27
				a10	0.46**	0.46**	0.07	6.36	0.79**	0.21
Cal	0.97**	12.22	0.94	b1	0.50a	0.50a	-	-	0.75**	0.25
				b2	0.59**	0.58**	0.05	11.85	0.66**	0.34
				b3	0.50**	0.50**	0.05	10.01	0.75**	0.25
				b4	0.66**	0.66**	0.06	11.65	0.56**	0.44
				b5	0.46**	0.46**	0.05	8.92	0.79**	0.21
				b6	0.60**	0.59**	0.05	11.02	0.64**	0.36
				b7	0.59**	0.59**	0.06	10.42	0.65**	0.35
				b8	0.59**	0.59**	0.06	9.97	0.65**	0.35
				b9	0.67**	0.67**	0.06	11.18	0.54**	0.46
				b10	0.51**	0.51**	0.05	9.53	0.74**	0.26
Skill	0.76**	9.80	0.58	c1	0.46a	0.46a	-	-	0.79**	0.21
				c2	0.57**	0.57**	0.05	11.21	0.68**	0.32
				c3	0.43**	0.43**	0.07	8.69	0.81**	0.19
				c4	0.62**	0.62**	0.06	10.21	0.62**	0.38
				c5	0.63**	0.63**	0.06	10.90	0.60**	0.40
				c6	0.65**	0.66**	0.06	10.13	0.58**	0.42
				c7	0.81**	0.81**	0.08	10.07	0.34**	0.66
				c8	0.63**	0.63**	0.07	9.15	0.60**	0.40
				c9	0.65**	0.65**	0.06	9.97	0.58**	0.42
				c10	0.48**	0.48**	0.06	7.87	0.77**	0.32

$\chi^2 = 288.15$, $df = 263$, $\chi^2/df = 1.095$, $P \text{ value} = 0.137$, $GFI = 0.97$, $AGFI = 0.95$,
 $SRMR = 0.027$, $RMSEA = 0.012$, Construct Reliability: $p_c(\text{Con}) = 0.969$, Variance Extracted:
 $p_v(\text{Con}) = 0.767$

Construct Reliability: $p_c(\text{Call}) = 0.984$, Variance Extracted: $p_v(\text{Con}) = 0.869$

Construct Reliability: $p_c(\text{Skill}) = 0.984$, Variance Extracted: $p_v(\text{Con}) = 0.864$

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01, a ค่ากำหนด



ภาพประกอบ 1 ผลการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับ 2

โมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

อภิปรายผล

การวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ค่าสถิติจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณแสดงความเที่ยงตรงเชิงยืนยันอันดับสองว่า องค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สามารถรวมกันเป็นองค์ประกอบเดียวได้อย่างมีความเที่ยงตรง ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของนงลักษณ์ วิรัชชัย (Joreskog & Sorbom, 1989; Long, 1983; Bollen, 1989 อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, น. 45-52) ที่ว่า ค่าสถิติไคสแควร์ (χ^2) ไม่มีนัยสำคัญ ($p > .05$) ไค-สแควร์ลัมพัทธ์ (χ^2/df) ไม่เกิน 2 ดัชนีความกลมกลืน (GFI) มีค่ามากกว่า 0.09 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแล้ว (AGFI) มีค่ามากกว่า 0.90 ดัชนีความกลมกลืนเปรียบเทียบ (CFI) มีค่ามากกว่า .90 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือในรูปมาตรฐาน (Standardize RMR) มีค่าต่ำกว่า .05 และค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) มีค่าต่ำกว่า .08 แสดงว่า โมเดลทางทฤษฎีสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และมีความเที่ยงตรงในการวัด

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนมี 3 องค์ประกอบ เป็นไปตามแนวคิดของสำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) ซึ่งได้แบ่งความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนออกเป็น 3 ด้าน คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบพบว่า มีค่าน้ำหนักสูงทุกองค์ประกอบ แสดงว่า ถ้าเราต้องการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนควรให้ความสำคัญกับทุกองค์ประกอบ ทั้งด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้เนื่องจากการที่จะให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีคุณภาพและบรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดนั้น จะต้องมีการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีความสมดุลทั้งทางด้านสาระความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผสมผสานทั้ง 3 ด้าน จะช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์และความชำนาญของนักเรียนให้สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับ สุวรร ภาณุจนมยุร (2544, น. 6-7) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ควรเริ่มจากการพัฒนาความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในการเรียนเนื้อหาใหม่ของนักเรียน จากนั้นจึงจัดประสบการณ์ให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจไปใช้ในการฝึกทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการแก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวันจนเกิดความรู้ความชำนาญอย่างถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็ว และสอดคล้องกับอัมพร ม้าคนอง (2554, น. 6-7) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นจะต้องพัฒนาสมรรถภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งด้านความรู้ที่เป็นความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์และความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการที่ครอบคลุมเนื้อหา ทักษะการบวก ลบ คูณ หารจำนวน ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจที่ถ่องแท้ และสามารถนำความรู้เหล่านี้ไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นพื้นฐานที่มั่นคงสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

นอกจากนี้ในการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนนั้น ครูผู้สอนสามารถพัฒนาควบคู่ไปกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในช่วงโม่งเรียนปกติโดยจัดกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม และสามารถนำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ไปเป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนเพราะผู้วิจัยพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณจากกรอบเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา พุทธศักราช 2551หรือใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในระดับชั้นอื่นๆ ได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรวัดให้ครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน และการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนควรให้ความสำคัญกับทั้ง 3 องค์ประกอบ เนื่องจากมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ในระดับที่สูงใกล้เคียงกันโดยเริ่มจากการพัฒนาความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเป็นอันดับแรก เพราะนักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์อย่างถ่องแท้เป็นพื้นฐานก่อนจึงจะเริ่มฝึกทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2. โมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับองค์ประกอบการวัดความสามารถด้านคำนวณของสำนักทดสอบทางการศึกษา ดังนั้นครูผู้สอนสามารถนำผลจากการวิจัยครั้งนี้ไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับระดับเนื้อหาและสอดคล้องกับหลักสูตรคณิตศาสตร์ของแต่ละระดับชั้นได้

3. การวัดความสามารถด้านคำนวณมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นครูผู้สอนคณิตศาสตร์ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง และส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักและเห็นคุณค่าของการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ทั้งทางด้านความคิดรวบยอด ทักษะการคิดคำนวณและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรนำผลจากวิจัยที่พบว่าความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนมี 3 องค์ประกอบ ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมหรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2. ควรทำการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน เช่น ปัจจัยด้านครูผู้สอน ปัจจัยด้านผู้เรียน ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการเรียน ปัจจัยด้านครอบครัว เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บรรณานุกรม

- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). *โมเดลลิสเรล: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2009*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และอัมพิกา ประโมจันย์. (2550). *การวัดผลประเมินผลเพื่อคุณภาพการเรียนรู้และตัวอย่างข้อสอบจากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)*. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้ง กรุ๊ป จำกัด.
- สุวรร กาญจนมยุร. (2544). *เทคนิคการใช้สื่อเกม และของเล่นคณิตศาสตร์ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.
- สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2556). *นิยามความสามารถของผู้เรียนด้านภาษา ด้านคำนวณ และด้านเหตุผล (Literacy, Numeracy & Reasoning Ability) โครงการประกันคุณภาพการศึกษาและการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2557). *การประเมินผลการศึกษานานาชาติ: Programme for the International Assessment of Adult Competencies, PIAAC*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิคจำกัด.
- อัมพร ม้าคนอง. (2554). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. กรุงเทพฯ: แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Askew, M., Brown, M., Johnson, D., Rhodes, V., & Wiliam, D. (1997). *Effective Teachers Of Numeracy: Report of a study carried out for the Teacher Training Agency By the School of Education*. London: King's College.
- Australian Curriculum, Assessment and Report Authority. (2012). *The Australian CurriculumContinue for Numeracy*. Sydney: n.p.
- Cockcroft, W. H., Ahmed, A. G., Cross, K., David, C., Davies, G., Dennis, K. T., ...Basire, E. L.(1982). *Mathematics count: Report of the Committee of Inquiry Into the Teaching of Mathematics in Schools the Chairmanship*. London: Her Majesty' Stationery Office.
- Department for Education and Employment (DfEE). (1999). *The National Numeracy Strategy: Framework for teaching mathematics from Reception to year 6*. London: Department for Education and Employment.
- Department for Education and Skills. (2013). *National Literacy and Numeracy Framework*. Wales: n.p.
- Human Capital Working Group, Council of Australian Government. (2008). *NationalNumeracy Review Report: May 2008*. Barton Australia: n.p.
- International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). (2013). *TIMSS 2015 Assessment Framework*. Boston: TIMSS & PIRLS International Study Center.
- McLean, P., Perkins, K., Tout, D., Brewer, K., & Wyse, L.(2012). *Australian Core Skills Framework: 5 Core Skills, 5 Levels of Performance, 3 Domains of Communications*. Canberra Australia: n.p.
- Russell, R. (2009). *Help your child with numeracy: age range 7-11*. London: 101 Printing International.