

การวิเคราะห์องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

THE FACTORS ANALYSIS OF MISCONCEPTIONS IN ALGEBRA FOR LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

อดิเรก เฉลียวฉลาด^{1*}, กันต์ฤทัย คลังพหล¹, สุวรรณ จ้อยทอง¹ และอุษา คงทอง¹
Adirek Chalaewchalad^{1*}, Kanreutai Klangphahot¹, Suwana Juithong¹ Usa Kongthong¹

Received : 21 February 2020

Revised : 18 August 2020

Accepted : 27 August 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 2) ตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ประชากรเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดสระบุรี จำนวน 2,140 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 400 คน ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น แบ่งเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 ด้านภาษา และสัญลักษณ์ องค์ประกอบที่ 2 ด้านการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ และองค์ประกอบที่ 3 ด้านขั้นตอนการดำเนินการ และการสรุปผล มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.86-1.00 ค่าความยากง่าย 0.40-0.59 ค่าอำนาจจำแนก 0.56-0.84 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.83 วิเคราะห์ข้อมูลโดยคำนวณค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติลิสรเอล

ผลการวิจัยพบว่า 1) องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นประกอบด้วย 3 องค์ประกอบมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.51 - 0.71 เรียงค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากมากไปน้อยได้ดังนี้คือ องค์ประกอบที่ 1 ด้านภาษา และสัญลักษณ์ องค์ประกอบที่ 2 ด้านการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ และองค์ประกอบที่ 3 ด้านขั้นตอนการดำเนินการ และการสรุปผล มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.71, 0.63, 0.51

¹หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

¹Doctor of Philosophy, Curriculum and Instruction Program,

The Graduate School, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน E-mail: adirekneki@gmail.com

ตามลำดับ 2) ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลองค์ประกอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยมีค่า Chi-Square เท่ากับ 33.41 ค่าองศาอิสระ (df) เท่ากับ 23 ค่าระดับนัยสำคัญ (P value) เท่ากับ 0.074 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.98 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.96 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องกลมกลืนเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 1.00 ค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) เท่ากับ 0.034 และค่าดัชนีค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.02

คำสำคัญ: การวิเคราะห์องค์ประกอบ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต

ABSTRACT

The purposes of this research were to 1) the factors analysis of misconceptions in algebra for secondary school students and 2) examine the consistency of the algebraic misconception model for secondary school students with empirical data. The populations were lower secondary school students, under the local government organization Saraburi Province, There were 2140 students. The sample group used in this research was 400 secondary school students by multi-stage cluster sampling method. The research instruments was a diagnostic test in terms of misconceptions in algebra for secondary school students. Divided into 3 elements were Factor 1 regarding language and symbols, Factor 2 regarding the use of definitions, theorems and properties, and Factor 3 in relation to the process of operation and conclusion. The research instrument was a diagnostic test in terms of misconceptions in algebra for secondary school students with the index of item objective congruence between 0.86 and 1.00, the index of difficulty between 0.40 and 0.59, the values of discrimination between 0.56 and 0.84, and a reliability of 0.83. The data were analyzed by mean, standard deviation, and Pearson's correlation coefficient. The analysis of the composition was confirmed by the RISREL statistical program.

The results of the research revealed that 1) the factors of misconceptions in algebra for secondary school students consisted of 3 factors with the composition weight values between 0.51 and 0.71, arranged in a descending order as follows: Factor 1 regarding language and symbols, Factor 2 regarding the use of definitions, theorems and properties, and Factor 3 in relation to the process of operation and conclusion with the composition weight values of 0.71, 0.63, 0.51, respectively; 2) the result of examining the consistency of the algebraic misconception model particularly developed for secondary school students it was consistent with the empirical data, comprising

33.41 of Chi-Square, 23 of Degree of Freedom (df), 0.074 of Significance Level (P value), 0.98 of Goodness of Fit Index (GFI), 0.96 of Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI), 1.00 of Comparative Fit Index (CFI), 0.034 of Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA), and 0.02 of Standardized Root Mean Square Residual (SRMR).

Keywords: The factors analysis, Misconceptions in Algebra

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดวิเคราะห์สังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดอย่างเป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) จากความสำคัญของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment) จึงได้กำหนดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้หลัก และหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้จัดให้คณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้ ประกอบด้วยสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน 3 สาระ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) โดยกำหนดพีชคณิตเป็นสาระที่มีสำคัญสาระหนึ่งของคณิตศาสตร์ที่นักเรียนทุกคนต้องเรียน ทั้งนี้เนื่องมาจากวิธีการและแนวคิดของพีชคณิตจะช่วยสนับสนุนงานทางคณิตศาสตร์ เช่น ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้านเครือข่าย การติดต่อสื่อสาร กฎทางฟิสิกส์ เปรียบเสมือนกระดูกสันหลังของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และได้รับการยอมรับว่าเป็นประตูสู่ความสำเร็จของการศึกษาคณิตศาสตร์ในทุกสาขา พีชคณิตถูกจัดให้เป็นสาระหนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มีความสำคัญเป็นพื้นฐานอันสำคัญ และมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นพื้นฐานอันสำคัญในการศึกษาคณิตศาสตร์ขั้นสูง และวิทยาการหลายแขนง เป็นเครื่องมือของนักเรียนทุกคนในการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560; ฉวีวรรณ รัตนประเสริฐ, 2561) นอกจากนี้ สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 2000) ได้ให้ความสำคัญของความสามารถทางพีชคณิตว่ามีส่วนในการดำเนินชีวิตของบุคคลทั้งในการประกอบอาชีพ และเตรียมตัวศึกษาต่อในระดับสูงขึ้น ดังนั้นการเรียนรู้พีชคณิตจึงเป็นเป้าหมายที่สำคัญของนักเรียนทุกคน ในฐานะที่จะเป็นพลังอันสำคัญในการเรียนรู้ นักเรียนควรได้รับการปลูกฝังให้นักเรียนสนใจในการสร้างความเข้าใจ เห็นความสำคัญ และประโยชน์ของพีชคณิต

เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์ผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ย้อนหลัง 3 ปีการศึกษา (พ.ศ. 2559-พ.ศ. 2561) ตามสาระการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีพุทธศักราช 2551 พบว่า ด้านพีชคณิตมีผลการสอบในระดับประเทศได้ค่าเฉลี่ยร้อยละ 38.58, 30.04 และ 26.80 ในระดับจังหวัดสระบุรี ได้ค่าเฉลี่ยร้อยละ 36.25, 28.90 และ 25.51 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2562) ซึ่งรายงานผลการประเมินดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาระการเรียนรู้ด้านพีชคณิตของนักเรียนยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ ควรได้รับการปรับปรุงการที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับต้องปรับปรุงนั้น อาจเนื่องมาจากนักเรียนขาดเครื่องมือสำคัญในการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555; อัมพร ม้าคะนอง, 2558)

มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Concept) เป็นเครื่องมือสำคัญ และจำเป็นมากต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับสูงและต่อการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับความหมาย โครงสร้างของคณิตศาสตร์ เป็นความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้องกันของสิ่งที่ใช้อธิบายและให้ความหมายของทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ ทฤษฎี และที่มาหรือเหตุผลของขั้นตอนหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ (วีชรา เล่าเรียนดี, 2560; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555; อัมพร ม้าคะนอง, 2558) ดังนั้น นักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องจะสามารถเรียนรู้ และแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดี รวมทั้งมีพื้นฐานที่จะสามารถเชื่อมโยง มีความสามารถในการคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในระดับสูงขึ้น ด้วยความสำคัญดังกล่าว จึงกล่าวได้ว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนจำเป็นต้องมี ครูคณิตศาสตร์จึงพยายามพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ทุกคน แต่ในความเป็นจริงพบว่าแม้นักเรียนจะได้รับการสอนจากครูคนเดียวกันในเวลาเดียวกัน ก็ยังมีนักเรียนส่วนหนึ่งที่ไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของนักเรียนทั้งทางด้านสติปัญญา ความถนัด ความสนใจ รวมทั้งความบกพร่องในการจัดการเรียนการสอนของครู ซึ่งนำไปสู่ปัญหาสำคัญ ได้แก่ การที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconceptions) เป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกฎ หรือลักษณะทั่วไปหรือผลของการตีความที่ไม่สอดคล้องกับความคิดทางคณิตศาสตร์ นักเรียนยังมีบางสิ่งที่ยังไม่เข้าใจอย่างชัดเจนเกี่ยวกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ว่านักเรียนมีองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอย่างไรก็จะเป็นประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้โดยเฉพาะในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีความต่อเนื่อง มีความซับซ้อนและมีลักษณะเป็นนามธรรม ซึ่งการทราบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจะเป็นข้อมูลย้อนกลับในการปรับปรุงการเรียนการสอน เป็นข้อมูลในการวางแผนพัฒนาการเรียนรู้ เพื่อแก้ไขและหลีกเลี่ยงไม่ให้นักเรียนที่คลาดเคลื่อนเกิดขึ้นตลอดจนแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เหล่านี้มีความสำคัญมากในการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และเป็นแนวทางในการช่วยให้นักเรียน

แก้ปัญหาและพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (นวพล นนทภา, 2559; เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร, 2557) ดังนั้น ผู้วิจัยเห็นว่าหากมีการศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตจะทำให้ครูทราบว่า นักเรียนมักมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตอย่างไร จะได้นำไปปรับปรุง และแก้ไข เพื่อให้ให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการเรียนในระดับชั้นที่สูงขึ้นไป

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต และตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลองค์ประกอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบ และตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จังหวัดสระบุรี จำนวน 2,140 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เนื่องจากกลุ่มประชากรมีขนาดใหญ่พอที่จะกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากร คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จังหวัดสระบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multistage Sampling) จำนวน 400 คน ประกอบไปด้วย โรงเรียนเทศบาล (รุ่งเรืองประชาสามัคคี) จำนวน 27 คน โรงเรียนเทศบาล 1 วัดทองพุ่มพวง จำนวน 60 คน โรงเรียนเทศบาล 2 วัดศรีบุรีรัตนาราม จำนวน 32 คน โรงเรียนเทศบาล 3 วัดบ้านอ้อย จำนวน 29 คน โรงเรียนเทศบาล 4 วัดบำรุงธรรม จำนวน 50 คน โรงเรียนเทศบาล 7 วัดแก่งขนุนจำนวน 24 คน โรงเรียนเทศบาลพระพุทธบาท จำนวน 67 คน โรงเรียนเทศบาล 2 วัดเสนานฤมิตร จำนวน 30 คน โรงเรียนเทศบาล 3 วัดสหมิตรมงคล จำนวน 32 คน และโรงเรียนเทศบาล 4 หนองแคอนุสรณ์ จำนวน 49 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ สำหรับการตรวจวินิจฉัยเมื่อพบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ 1 คะแนน ถ้าไม่พบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ 0 คะแนนประกอบไปด้วย

องค์ประกอบที่ 1 ด้านภาษา และสัญลักษณ์ จำนวน 12 ข้อ ประกอบไปด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ จำนวน 3 ข้อ 2) ความหมายของตัวแปรที่ใช้ จำนวน 5 ข้อ และ 3) เปลี่ยนประโยคภาษาเป็นสัญลักษณ์ จำนวน 4 ข้อ

องค์ประกอบที่ 2 ด้านการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติจำนวน 15 ข้อ ประกอบไปด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความหมายและลักษณะของบทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ จำนวน 5 ข้อ 2) ขอบเขตหรือเงื่อนไขการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ จำนวน 5 ข้อ และ 3) หลักการในการดำเนินการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ จำนวน 5 ข้อ

องค์ประกอบที่ 3 ด้านขั้นตอนการดำเนินการ และการสรุปผลจำนวน 13 ข้อ ประกอบไปด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา จำนวน 5 ข้อ 2) การคิดคำนวณ จำนวน 5 ข้อ และ 3) การตรวจสอบและการสรุปผล จำนวน 5 ข้อ

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

แบบทดสอบการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบตามลักษณะขององค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต โดยหาค่า IOC ซึ่งได้ค่า IOC เท่ากับ 0.86-1.00 และนำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนที่เคยเรียนเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมาแล้ว เพื่อวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีการของ Kuder-ichardson (KR-20) (วิลโล ทองแพ้ว, 2547) กับนักเรียน จำนวน 40 คน ซึ่งได้ค่าความยากง่าย 0.40-0.59 ค่าอำนาจจำแนก 0.56-0.84 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการให้นักเรียนตอบแบบทดสอบการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตเพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 400 คน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โดยกำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตจำนวน 90 นาที ในพร้อมทั้งแจ้งให้นักเรียนทราบถึงความสำคัญของการสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพและมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์คุณภาพภาพของแบบทดสอบการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item-Objective Congruence) ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ และวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability)

2. การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ เป็นการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตที่ศึกษาเพื่อยืนยันว่าตัวแปรที่ศึกษามีความสัมพันธ์ร่วมกันหรือไม่ โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) ค่าความเบ้ (Skewness) ค่าความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรแต่ละตัวที่ใช้ในการศึกษา และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ด้วยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson-Product Moment Correlation Coefficient) ระหว่างตัวแปร เป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบ โดยพิจารณาจากการทดสอบค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity ว่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่ได้ไม่เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ ของตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันสามารถนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบ และค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin Measures of Sampling Adequacy (KMO) ต้องมีค่ามากกว่า 0.5 และเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลจึงมีความเหมาะสมในการใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง (Confirmatory Factor Analysis: Second Order) เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงหรือความสอดคล้องของโมเดลองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นซึ่งเป็นโมเดลสมมติฐานทางทฤษฎีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง พิจารณาความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างโมเดลที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์จากค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Measure) เป็นค่าสถิติที่ใช้ตรวจสอบความเที่ยงตรงในภาพรวมทั้งหมดของโมเดลโดยพิจารณาจากค่าสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติสำเร็จ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่ การตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบโดยประเมินความสอดคล้องด้วยวิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item-Objective Congruence) การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ และวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยการวัดความคงที่ภายในของแบบทดสอบใช้สูตรของ Kuder-Richardson (KR-20)

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) ค่าความเบ้ (Skewness) ค่าความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรแต่ละตัวที่ใช้ในการศึกษา และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และการวิเคราะห์

องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง (Confirmatory Factor Analysis: Second Order) คือ ค่าสถิติไคสแควร์ ค่าดัชนีอัตราส่วนไคสแควร์สัมพัทธ์ ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน และค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย โดยมีผลการวิจัยดังนี้

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองมีโมเดลที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบไปด้วย

1.1 การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ การวิเคราะห์ในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงองค์ประกอบของโมเดลที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตที่ศึกษาเพื่อยืนยันว่าตัวแปรที่ศึกษามีความสัมพันธ์ร่วมกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เมทริกซ์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ขององค์ประกอบโมเดลที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

	L1	L2	L3	D1	D2	D3	O1	O2	O3
L1	1.00								
L2	.68**	1.00							
L3	.82**	.64**	1.00						
D1	.27**	.30**	.32**	1.00					
D2	.28**	.32**	.28**	.70**	1.00				
D3	.33**	.38**	.35**	.70**	.81**	1.00			
O1	.26**	.27**	.26**	.27**	.26**	.25**	1.00		
O2	.26**	.30**	.23**	.27**	.23**	.23**	.82**	1.00	
O3	.20**	.24**	.23**	.26**	.25**	.26**	.69**	.65**	1.00
\bar{X}	2.39	3.89	3.27	3.88	3.86	3.83	3.89	3.89	2.32
S.D.	0.75	1.03	0.92	1.02	1.03	1.06	1.07	1.05	0.76

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy = 0.785

Bartlett's Test of Sphericity Approx. Chi-Square = 2279.162, df = 36, sig = 0.00

จากตารางที่ 1 พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ขององค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.20–0.82 เมื่อพิจารณาค่า Bartlett’s test of sphericity มีค่าเท่ากับ 2279.162 ($p < .00$) แสดงว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ และค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin measure of Sampling Adequacy มีค่าเท่ากับ 0.785 แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้ของข้อมูลชุดนี้มีความสัมพันธ์กันมากพอที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบได้

1.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ตัวแปรองค์ประกอบ	น้ำหนัก องค์ประกอบ (B)	SE	t	R ²	ส.ป.ส. คะแนน องค์ประกอบ
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านภาษา และ สัญลักษณ์					
1. ความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้	0.79	-	-	0.62	0.25
2. ความหมายของตัวแปรที่ใช้	0.86	0.08	10.26	0.74	0.55
3. เปลี่ยนประโยคภาษาเป็นสัญลักษณ์	0.75	0.03	22.20	0.56	0.15
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านการใช้ บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ					
4. ความหมายและลักษณะของ บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ	0.78	-	-	0.61	0.18
5. ขอบเขตหรือเงื่อนไขการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ	0.89	0.05	19.19	0.80	0.39
6. หลักการในการดำเนินการใช้ บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ	0.91	0.05	19.37	0.82	0.45
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านขั้นตอน การดำเนินการ และการสรุปผล					
7. ขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา	0.93	-	-	0.86	0.55
8. การคิดคำนวณ	0.88	0.04	22.88	0.78	0.33
9. การตรวจสอบและการสรุปผล	0.74	0.04	18.03	0.55	0.14

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ตัวแปรองค์ประกอบ	น้ำหนักองค์ประกอบ (B)	SE	t	R ²	ส.ป.ส. คะแนนองค์ประกอบ
การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน อันดับสองมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ทางพีชคณิต					
ด้านภาษา และสัญลักษณ์	0.71	0.09	7.87	0.51	-
ด้านการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ	0.63	0.08	0.15	0.40	-
ด้านขั้นตอนการดำเนินการ และการสรุปผล	0.51	0.07	7.55	0.26	-

จากตารางที่ 2 พบว่า องค์ประกอบตัวแปรแฝงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต ซึ่งประกอบด้วย ตัวแปรแฝง 3 ตัว ได้แก่ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านภาษา และสัญลักษณ์ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านขั้นตอนการดำเนินการ และการสรุปผลพบว่า มีน้ำหนักองค์ประกอบ 0.51-0.71 เรียงค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากมากไปน้อยได้ดังนี้คือ ด้านภาษา และสัญลักษณ์ ด้านการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ และด้านขั้นตอนการดำเนินการ และการสรุปผลมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.71, 0.63, 0.51 ตามลำดับ

องค์ประกอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านภาษา และสัญลักษณ์ พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยมีค่า 0.75-0.86 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.03-0.08 เรียงค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ ด้านความหมายของตัวแปรที่ใช้ ด้านความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ และเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นสัญลักษณ์ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.86, 0.79, 0.75 ตามลำดับ

องค์ประกอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยมีค่า 0.78-0.91 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่า 0.05 เรียงค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ ด้านหลักการในการดำเนินการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ ด้านขอบเขตหรือเงื่อนไขการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ และด้านความหมายและลักษณะของบทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.91, 0.89, 0.78 ตามลำดับ

องค์ประกอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านขั้นตอนการดำเนินการ และการสรุปผล พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยมีค่า 0.74-0.93 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่า 0.04 เรียงค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากมากไปน้อยได้ดังนี้คือ ด้านขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา

ด้านการคิดคำนวณ และการตรวจสอบและการสรุปผลมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.93, 0.88, 0.74 ตามลำดับ

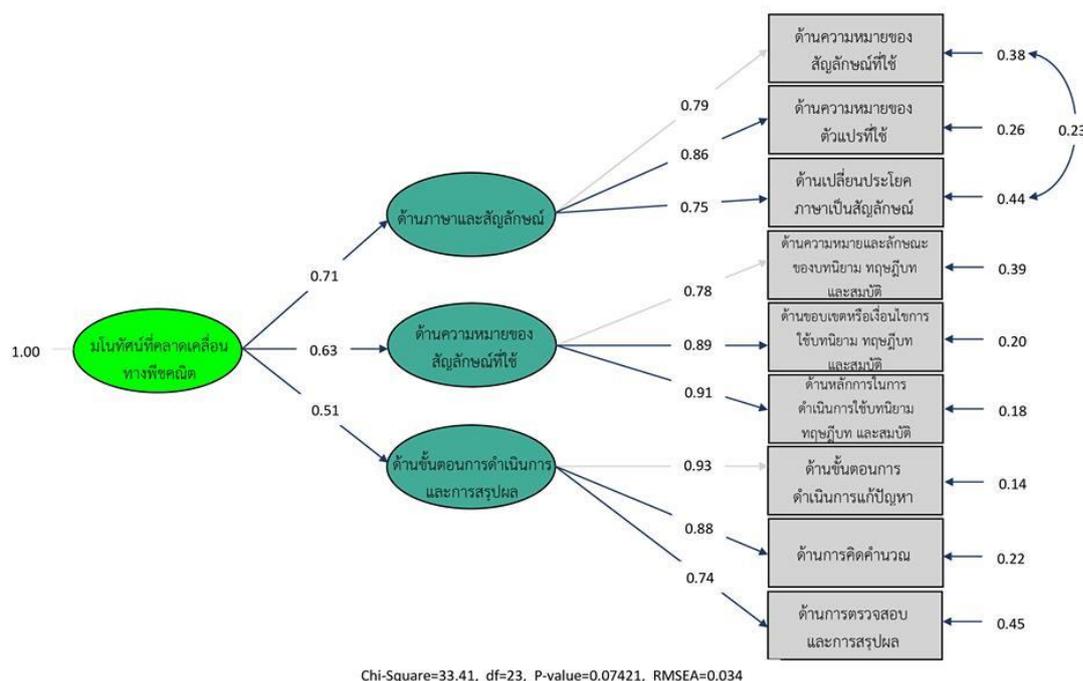
2. ผลตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนอันดับที่สองของโมเดลองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องกลมกลืนอันดับที่สองของโมเดลองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ค่าสถิติ	เกณฑ์	ค่าที่ได้	ความหมาย
χ^2	ค่า p-value มากกว่า .05	33.41 (0.074)	ไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าสอดคล้อง กลมกลืน
df	ไม่เท่ากับ 0	23	สอดคล้องกลมกลืนดี
$\square \chi^2/df$	ค่าน้อยกว่า 2	1.45	สอดคล้องกลมกลืนดี
GFI	ค่าดัชนีมีค่ามากกว่า .90 (เข้าใกล้ 1)	0.98	สอดคล้องกลมกลืนดี
AGFI	ค่าดัชนีมีค่ามากกว่า .90 (เข้าใกล้ 1)	0.96	สอดคล้องกลมกลืนดี
CFI	ค่าดัชนีมีค่ามากกว่า .90 (เข้าใกล้ 1)	1.00	สอดคล้องกลมกลืนดี
RMSEA	ค่าดัชนีมีค่าน้อยกว่า .05 (เข้าใกล้ 0)	0.034	สอดคล้องกลมกลืนดี
SRMR	ค่าดัชนีมีค่าน้อยกว่า .05 (เข้าใกล้ 0)	0.02	สอดคล้องกลมกลืนดี
RMR	ค่าดัชนีมีค่าน้อยกว่า .05 (เข้าใกล้ 0)	0.02	สอดคล้องกลมกลืนดี

จากตารางที่ 3 พบว่าผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยค่าสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 33.41 และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P value = .074), ค่า $\chi^2/df = 1.45$ ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าเท่ากับ 0.98 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้แล้ว (AGFI) มีค่าเท่ากับ 0.96 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้ (CFI) มีค่าเท่ากับ 1.00 ค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.034 ค่าดัชนีค่ารากของ

ค่าเฉลี่ยกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) มีค่าเท่ากับ 0.02 และค่าดัชนีวัดค่าเฉลี่ยส่วนที่เหลือจากการเปรียบเทียบขนาดของความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรประชากร (RMR) มีค่าเท่ากับ 0.02 ทั้งหมดผ่านเกณฑ์ทุกดัชนี นั้นแสดงให้เห็นว่าข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกับรูปแบบโมเดลตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แสดงในภาพที่ 1 องค์กรประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น



ภาพที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

อภิปรายผลการวิจัย

องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นประกอบด้วย 3 องค์ประกอบมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.51 ถึง 0.73 เรียงค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากมากไปน้อยได้ดังนี้คือ ด้านภาษา และสัญลักษณ์ ด้านการใช้ทฤษฎีบท และสมบัติ และด้านขั้นตอนการดำเนินการ และการสรุปผล มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.71, 0.63, 0.51 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบย่อยพบว่า 1) องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านภาษา และสัญลักษณ์ พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยมีค่า 0.75–0.86 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่า 0.03–0.08 เรียงค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากมากไปน้อยได้ดังนี้คือ ด้านความหมายของตัวแปรที่ใช้ ด้านความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ และเปลี่ยน

ประโยคภาษาเป็นสัญลักษณ์ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.86, 0.79, 0.75 ตามลำดับ 2) องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยมีค่า 0.78–0.91 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่า 0.05 เรียงค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ ด้านหลักการในการดำเนินการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ ด้านขอบเขตหรือเงื่อนไขการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ และด้านความหมายและลักษณะของบทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัตินี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.91, 0.89, 0.78 ตามลำดับ 3) องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านขั้นตอนการดำเนินการ และการสรุปผล พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยมีค่า 0.74–0.93 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่า 0.04 เรียงค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากมากไปน้อยได้ดังนี้คือ ด้านขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา ด้านการคิดคำนวณ และการตรวจสอบและการสรุปผลมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.93, 0.88, 0.74 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากเอกสาร แนวคิด งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 52 เรื่อง และทำการสังเคราะห์องค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญยืนยันองค์ประกอบแล้วสร้างแบบวินิจฉัยตามลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตที่ค้นพบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ที่ระบุองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ คือ ด้านบทนิยาม ทฤษฎีบท กฎ สูตร ข้อเท็จจริง และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ด้านการตรวจสอบคำตอบ และการหาคำตอบ และด้านการใช้สัญลักษณ์ และเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับแนวคิดของอัมพร ม้าคะนอง (2558) ที่ระบุองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์คือ ด้านการตีความจากโจทย์ ด้านการใช้ทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม และสมบัติ ด้านการคิดคำนวณ และด้านการนำเสนอคำตอบ และสอดคล้องกับงานวิจัยของของศักดิ์ดา กิ่งโก้ (2560) ที่วิจัยพบว่าองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์คือ ด้านบทนิยามและทฤษฎีบท ด้านสัญลักษณ์ ด้านการดำเนินการแก้ปัญหา และด้านกฎสูตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของมูร์นเกียร์ (Mulungye, 2016) ที่วิจัยพบว่าองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการอ่านและแปลงเรื่องราวเป็นนิพจน์เกี่ยวกับพีชคณิต การกำหนดตัวแปร ขาดความเข้าใจในสัญลักษณ์ การแปลงโจทย์ปัญหาเป็นนิพจน์เกี่ยวกับพีชคณิต การใช้สมบัติการแจกแจงไม่ถูกต้อง ขาดความเข้าใจสมบัติสมมาตร สมบัติการถ่ายทอด การคิดคำนวณ และไม่ทำตามขั้นตอนที่ถูกต้อง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตพบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านภาษา และสัญลักษณ์ ด้านการใช้ บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ และด้านขั้นตอนการดำเนินการ และการสรุปผลสามารถรวมกันเป็นองค์ประกอบเดียวได้ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของนงลักษณ์ วิรัชชัย (2557) และเป็นไปตามแนวคิดของ อัมพร ม้าคะนอง (2558) ศักดิ์ดา กิ่งโก้ (2560) และซีไลน์สกี (Zielinski, 2017) ซึ่งได้แบ่งมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกเป็นด้านการตีความจากโจทย์ ด้านการใช้ทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม และสมบัติ ด้านการคิดคำนวณ และด้านการสรุปผล

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

1. จากข้อค้นพบน้ำหนักองค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ในระดับที่สูงใกล้เคียงดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ควรให้ความสำคัญทั้ง 3 องค์ประกอบคือ ด้านภาษา และสัญลักษณ์ ด้านการใช้บทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติ และด้านขั้นตอนการดำเนินการ และการสรุปผล

2. โมเดลขององค์ประกอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้นครูผู้สอนสามารถนำผลจากการวิจัยครั้งนี้ไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับระดับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิตและสอดคล้องกับหลักสูตรคณิตศาสตร์ของแต่ละระดับชั้นได้

3. เนื่องจากนักเรียนมีโอกาสเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ตลอดเวลาดังนั้นครูควรมีการวัดผลและประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ ทั้งก่อนการจัดการเรียนรู้ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ และหลังจัดการเรียนรู้ เพื่อจะได้แก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้กับนักเรียนได้ทันเวลาที่

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. นำผลการวิจัยองค์ประกอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นไปพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่อไป

2. ควรทำการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เช่น ปัจจัยด้านครูผู้สอน ปัจจัยด้านผู้เรียน ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการเรียน ปัจจัยด้านครอบครัว เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ฉวีวรรณ รัตนประเสริฐ. (2561). พีชคณิต: โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอน. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2557). มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการวิจัยการศึกษา. นนทบุรี: สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- นवल นนทภา. (2559). การพัฒนากลวิธีในการแก้ไขมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางระบบจำนวน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- วัชรา เล่าเรียนดี ปริญญาธิ กิจรุ่งเรือง และอรพิน ศิริสัมพันธ์. (2560). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษา สำหรับศตวรรษที่ 21. (พิมพ์ครั้งที่ 12). นครปฐม: เพชรเกษมพริ้นติ้ง กรุ๊ป.

- วิลัย ทองแผ้ว. (2547). **หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา**. ลพบุรี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.
- เวชฤทธิ์ อังกะนัทพรขจร. (2557). **การศึกษามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนิสิตวิชาเอกคณิตศาสตร์**. ชลบุรี: ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ศักดิ์ดา กิ่งโก้. (2560). **การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ขั้นและตัวแบบกิจกรรมการปรับลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง**. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยวัดผลและสถิติการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). **ครูคณิตศาสตร์มีอาชีพ เส้นทางสู่ความสำเร็จ**. กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2562). **ผลการทดสอบระดับชาติ (O-NET)**. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: www.niets.or.th. (2563, 10 มกราคม).
- อัมพร ม้าคะนอง. (2558). **คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). **Principles and standards for School Mathematics**. Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Mulungye, M. (2016). **Sources of Student Errors and Misconceptions in Algebra and Influence of Classroom Practice Remediation in Secondary Schools Machakos Sub- County, Kenya**. Master's Thesis. Kenyatta University.
- Zielinski, S.F. (2017). **From No to Yes: The Impact of an Intervention on the Persistence of Algebraic Misconceptions among Secondary School Algebra Students**. Doctoral dissertation, Northeastern University.
-