

การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ

Development of a Mathematical Literacy Diagnostic Test for Grade Nine Students using Attribute Hierarchy Method

ไพฑูรย์ เอื้อบุญประดิษฐ์^{1*} ศิริชัย กาญจนวาสี² และ จินนดิษฐ์ ละออปักษิณ³

Phaithun Ueabunpradit^{1*} Sirichai Kanjanawasee² and Jinnadit Laorpaksin³

(Received: July 8, 2021; Revised: August 23, 2021; Accepted: August 25, 2021)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ และ 2) ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบที่พัฒนาขึ้น ตัวอย่างวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 283 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือวิจัย คือ แบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) แบบสอบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 8 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 คำถามย่อย รวม 32 ข้อ โดยคำถามย่อยที่ 1 วัดคุณลักษณะการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริง คำถามย่อยที่ 2 วัดคุณลักษณะการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์ คำถามย่อยที่ 3 วัดคุณลักษณะการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และคำถามย่อยที่ 4 วัดคุณลักษณะการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ และ 2) การศึกษาโดยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ พบว่าแบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนก 0.44 ถึง 3.23 ค่าความยาก -1.88 ถึง 1.50 และค่าโอกาสในการเดา 0.00 ถึง 0.31 แบบสอบที่พัฒนาขึ้นมีความตรงเชิงโครงสร้าง (Chi-square = 334.770, $p = 0.918$, GFI = 0.931, AGFI = 0.902, RMSEA = 0.000) สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมีค่าตั้งแต่ 0.763 ถึง 0.842 แสดงว่าแบบทดสอบสามารถวินิจฉัยแบบแผนความรู้และข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของผู้ตอบ

คำสำคัญ: แบบสอบวินิจฉัย การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ

¹ นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ Doctoral degree student in Educational Measurement and Evaluation Program, Faculty of Education, Chulalongkorn University

² Professor, Department of Educational Research and Psychology, Faculty of Education, Chulalongkorn University

³ Assistant Professor, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University

* Corresponding Author E-mail: thun96709_kt@hotmail.com

Abstract

The objectives of the research were: 1) to develop a mathematical literacy diagnostic test for grade 9 students by using attribute hierarchy method; and 2) to verify reliability and validity of the test developed. The research sample consisted of 283 grade 9 students, obtained by multistage sampling. The research tool was a mathematical literacy diagnostic test. The research results were as follows: 1) The test that had been developed had 8 situations; each situation contained 4 questions, totaling 32. The first question aimed to measure the ability to identify the mathematical aspects of a problem situated in the real-world context. The second question aimed to measure the ability to translate a problem into mathematical language. The third question aimed to measure the ability to employ mathematical concepts and procedures to solve problems. And the fourth question aimed to measure the ability to interpret, apply and evaluate mathematical outcomes. 2) In examining the test using Item Response Theory, it was found that the test had item discrimination parameter (ai) from 0.44 to 3.23, item difficulty parameter (bi) from -1.88 to 1.50 and guessing parameter (ci) from 0.00 to 0.31. The test had construct validity (Chi-square = 334.770, $p = 0.918$, GFI = 0.931, AGFI = 0.902, RMSEA = 0.000) and had Cronbach's alpha coefficient from 0.763 to 0.842. This suggests that it can identify learner's attribute-mastery pattern and can diagnose the learner's deficiencies in mathematical literacy.

Keywords: diagnostic test; mathematical literacy; attribute hierarchy method

บทนำ

ในโลกปัจจุบัน คณิตศาสตร์ได้รับการยอมรับว่าเป็นหนึ่งในภาษาสากลที่จำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิต และการประกอบอาชีพ องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ได้ให้ความสำคัญกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (mathematical literacy) ซึ่งเป็นสมรรถนะของบุคคลในการที่จะบ่งบอกและเข้าใจ บทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีในโลก ธรรมชาติ สังคม และวัฒนธรรมที่บุคคลนั้นอาศัยอยู่ เพื่อให้สามารถ ตัดสินใจบนพื้นฐานความรู้ที่เข้มแข็ง ตลอดจนเพื่อใช้ตอบสนองความจำเป็นต่อชีวิตของแต่ละบุคคล ทั้งชีวิตส่วนตัว การงานอาชีพ ชีวิตด้านสังคมกับเพื่อนหรือญาติพี่น้อง และชีวิตในฐานะพลเมืองของชุมชนและ ประเทศชาติ ดังนั้น องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจจึงได้ใช้การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เป็นด้านหนึ่งของการประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้ประชาชนมีศักยภาพหรือ ความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง ภายใต้โครงการประเมินผลนักเรียน ร่วมกับนานาชาติ (PISA) เพื่อสะท้อนว่าระบบการศึกษาได้เตรียมความพร้อมให้นักเรียนเป็นพลเมืองของชาติ ที่มีศักยภาพในการพัฒนาและการแข่งขันได้มากน้อยเพียงใด

ในขณะที่โลกกำลังให้ความสำคัญกับคณิตศาสตร์และต้องการประชากรที่รู้เรื่องคณิตศาสตร์ นักเรียนไทยกลับมีผลการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง สวนทิศทางกับความต้องการของตลาดแรงงาน (TDRI, 2010) และจากรายงานโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ซึ่งเน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะ ในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน ซึ่งประกอบด้วยการประเมินการรู้เรื่อง (literacy) ใน 3 ด้าน ได้แก่ การรู้เรื่องการอ่าน (reading literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (mathematical literacy) และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ซึ่งทำการประเมินทุก 3 ปี โดยประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการวิจัยดังกล่าวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 (PISA 2000) เป็นต้นมา พบว่า ผลการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยในปี พ.ศ. 2555 (PISA 2012) มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ (OECD) เกือบหนึ่งระดับ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 427 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 494 คะแนน) มีประเทศในเอเชียที่มีคะแนนต่ำกว่าไทยเพียงประเทศเดียว คือ อินโดนีเซีย (PISA Thailand IPST, 2014) หลังจากนั้น การประเมินรอบถัดมาในปี พ.ศ. 2558 (PISA 2015) พบว่าคะแนนเฉลี่ยลดลงถึง 11 คะแนน เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2555 (PISA 2012) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 415 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ (OECD) มากกว่าหนึ่งระดับ (ค่าเฉลี่ย OECD 490 คะแนน) (PISA Thailand IPST, 2018) และผลการประเมินรอบล่าสุดในปี พ.ศ. 2561 (PISA 2018) มีคะแนนเฉลี่ย 419 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ (OECD) เทียบเท่ากับการเรียนที่ต่างกัน 1.75 ปี (ค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน) ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าในเวลาที่ผ่านมาตั้งแต่การประเมินรอบแรก ความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยไม่ได้มีการพัฒนาขึ้น นักเรียนไทยยังรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในระดับที่ไม่น่าพอใจและไม่แสดงศักยภาพที่จะใช้คณิตศาสตร์ให้เป็นประโยชน์ในชีวิตได้ ระบบการศึกษาไทยจึงอยู่ในภาวะที่ต้องเร่งยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนให้รู้เรื่องคณิตศาสตร์ทัดเทียมกับเยาวชนในภูมิภาคซึ่งมีมาตรฐานการศึกษาคณิตศาสตร์ระดับโลก โดยใช้กรอบโครงสร้างของโครงการนานาชาติเป็นแนวทาง

การจะแก้ปัญหาทางการเรียนของนักเรียนนั้น ผู้สอนเป็นหนึ่งในผู้ที่มีบทบาทสำคัญที่จะช่วยเหลือนักเรียนได้ โดยผู้สอนจำเป็นจะต้องมีสารสนเทศเพื่อเป็นข้อมูลย้อนกลับให้กับตนเอง นักเรียน และผู้ปกครอง เกี่ยวกับข้อบกพร่องที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของนักเรียน และหาวิธีการปรับปรุง แก้ไข หรือพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้เรื่องคณิตศาสตร์ดีขึ้น ทั้งนี้ ผู้สอนอาจใช้แนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัย (diagnosis) มาช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบและค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคล ผลของการประเมินสามารถจะบอกได้ว่านักเรียนบกพร่องในแนวคิดทางคณิตศาสตร์ใดหรือทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ใด บางโอกาสอาจพบจุดเด่นหรือความสามารถพิเศษของนักเรียนด้วย ผู้สอนสามารถนำผลของการประเมินไปแก้ไขและส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนให้ถูกต้องและตรงจุด ตลอดจนนำไปปรับปรุงการสอนของตนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การวินิจฉัยที่มีประสิทธิภาพจะต้องให้สารสนเทศที่ถูกต้องและเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานักเรียนและการจัดการเรียนรู้ การใช้แบบสอบเป็นวิธีการหนึ่งที่มีการดำเนินการชัดเจนและให้ผลการวินิจฉัยที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แบบสอบที่สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการวินิจฉัยหรือที่เรียกว่าแบบสอบวินิจฉัย

ปัจจุบันมีผู้พัฒนาโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาจำนวนมาก เช่น การวินิจฉัยด้วยวิธี Rule Space Method (RSM) (Tatsuoka, 1983) ที่พัฒนามาจากแนวคิดการประเมินกฎ (rule-assessment method) และวิธีดัชนีบุคคล (personal-index approach) เพื่อใช้ในบริบทของการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์กายภาพในการเปรียบเทียบความใกล้เคียงของแบบแผนการตอบข้อสอบกับแบบการคิดผิดแบบต่าง ๆ ซึ่งต่อมา Tatsuoka ได้ปรับ rule space method โดยนำทฤษฎีพุทธิปัญญามาใช้ในการวินิจฉัยปรับเปลี่ยนแนวคิดจากแบบการคิดที่ผิดมาเป็นการวินิจฉัยที่ให้สารสนเทศเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดอ่อนของความรู้ที่ได้จากการพิจารณาว่าการทำข้อสอบได้ถูกต้องนั้นต้องใช้ความรู้และทักษะใดบ้าง ซึ่ง rule space method มีลักษณะเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำแนกแบบแผนการตอบข้อสอบของผู้สอบนำไปสู่แบบแผนคุณลักษณะความรู้จากการใช้ทักษะทางพุทธิปัญญาที่แตกต่างกัน แต่ rule space method มีข้อจำกัดที่อาจให้ผลการวินิจฉัยที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากดำเนินการวินิจฉัยหลังจากสร้างแบบทดสอบเรียบร้อยแล้ว อาจทำให้การจำแนกคุณลักษณะที่ต้องใช้ในการตอบข้อสอบแต่ละข้อไม่ครอบคลุมคุณลักษณะหรือความรู้แต่ละเรื่องของผู้สอบจะต้องมี และลำดับขั้นของคุณลักษณะไม่ใช่สิ่งที่จำเป็น เนื่องจากคุณลักษณะเป็นอิสระต่อกัน วิธีวินิจฉัยด้วยการย้อนรอยกระบวนการคิดจากชุดคำตอบโดยตรง (Susheva, 1995) เป็นวิธีที่พัฒนาเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของ rule space method ในด้านการนำวิธีวินิจฉัยไปใช้ในระดับห้องเรียน การวินิจฉัยด้วยวิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method: AHM) (Leighton, Gierl and Hunka, 2004) ที่พัฒนามาจาก rule space method ซึ่งเป็นการแก้ไขข้อจำกัดด้วยการจำแนกคุณลักษณะก่อนการสร้างแบบทดสอบ โดยกำหนดให้คุณลักษณะหรือความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหาเรื่องนั้น ๆ มีความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้นจากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยกำหนดลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อ ทำให้การวินิจฉัยจากแบบแผนการตอบข้อสอบ ให้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์และมีความชัดเจน สามารถวัดความรู้ครบทุกคุณลักษณะภายใต้แบบทดสอบฉบับเดียวและมุ่งวินิจฉัยคุณลักษณะเป็นรายด้าน เป็นต้น นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ได้ศึกษากับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากเป็นวิชาที่ช่วยพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้ที่คิดอย่างมีเหตุผลและมีความสามารถในการแก้ปัญหา

โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาแต่ละโมเดลมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน การเลือกใช้โมเดลสำหรับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยจึงขึ้นอยู่กับบริบทของเรื่องที่ต้องการศึกษา จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา สามารถจำแนกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ 1) โมเดลชั้นแฝง (latent class model) ซึ่งเป็นโมเดลที่พัฒนาขึ้นเพื่อจำแนกผู้สอบตามทักษะเป็นความรู้ (mastery) หรือความไม่รอบรู้ (non-mastery) จึงให้รูปแบบของความรู้หรือความน่าจะเป็นของความรู้เกี่ยวกับทักษะของผู้สอบ และ 2) โมเดลคุณลักษณะแฝง (latent trait model) ซึ่งเป็นการขยายแนวคิดหรือสรุปอ้างอิงจากโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (unidimensional IRT model) เกี่ยวกับการจัดตำแหน่งการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแต่ละทักษะ เมื่อพิจารณาถึงประเภทของโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่เหมาะสมกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ซึ่งใช้ในการตัดสินความรู้ในแต่ละคุณลักษณะแล้วพบว่าโมเดลชั้นแฝง (latent class model) เป็นโมเดลที่เหมาะสม ซึ่งได้แก่ 1) rule-space model 2) hybrid model 3) DINA model 4) unified model 5) NIDA model 6) fusion model 7) attribute

hierarchy method 8) DINO model 9) log-linear cognitive diagnostic model อย่างไรก็ตาม ในการนำโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลเชิงประจักษ์นั้น ควรเลือกใช้โมเดลที่ได้รับการยืนยันจากผลการวิจัย ที่เกี่ยวข้องว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูล (model fit) ซึ่งได้แก่ 1) rule-space model 2) DINA model 3) fusion model และ 4) attribute hierarchy method

ผู้วิจัยได้ศึกษาโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาแล้วเห็นว่าวิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ (attribute hierarchy method) มีจุดเด่นอยู่ที่มีการให้คำจำกัดความของค่าคุณลักษณะที่ชัดเจนและกำหนดให้มีการจำแนกคุณลักษณะก่อนการพัฒนาแบบสอบ รวมทั้งการกำหนดลักษณะความสัมพันธ์ที่เป็นลำดับชั้นของคุณลักษณะจากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยกำหนดลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อ สอดคล้องกับการคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีกระบวนการคิดเป็นลำดับชั้น นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถวัดความรู้ครบทุกคุณลักษณะภายใต้แบบทดสอบฉบับเดียว อีกทั้งยังมุ่งวินิจฉัยคุณลักษณะเป็นรายด้าน ทำให้การวินิจฉัยจากแบบแผนการตอบข้อสอบ ให้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์และมีความชัดเจน สอดคล้องกับการศึกษาของ Gierl et al. (2010) ที่ใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะในการสร้างการสรุปอ้างอิงเชิงวินิจฉัยเกี่ยวกับความรู้ (knowledge) และทักษะ (skills) ในวิชาคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายและประเมินวิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะที่ประยุกต์ใช้กับการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาในวิชาคณิตศาสตร์ ที่ระบุว่าข้อดีของวิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ คือ การสนับสนุนการรายงานคะแนนเชิงวินิจฉัยเป็นรายบุคคลด้วยการใช้ค่าความน่าจะเป็นของคุณลักษณะ (attribute probability values) โดยวิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะจะให้ข้อมูลที่เป็นรายละเอียดเกี่ยวกับคุณลักษณะที่ใช้วัดในแบบสอบและระดับความรู้ของคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาของผู้สอบ ซึ่งข้อมูลเชิงวินิจฉัยที่ได้นี้จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการบรรยายคุณลักษณะรายบุคคลของนักเรียนและนำไปสู่การตัดสินใจในการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับนักเรียน

จากปัญหานักเรียนไทยรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในระดับที่ไม่น่าพอใจและไม่แสดงศักยภาพที่จะสามารถใช้อคณิตศาสตร์ให้เป็นประโยชน์ในชีวิตได้ ในฐานะที่ผู้วิจัยเป็นผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งถือเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการทำหน้าทีวินิจฉัยข้อบกพร่องของผู้เรียน จึงสนใจที่จะพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่มีจำนวนข้อสอบน้อยแต่สามารถวัดได้ครอบคลุมทุกทักษะภายใต้แบบสอบฉบับเดียว โดยประยุกต์ใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปใช้แก้ปัญหาคความบกพร่องและพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะที่พัฒนาขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยศึกษาเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินผลของ PISA 2015 เพื่อทำความเข้าใจนิยามและกรอบการประเมินผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA ซึ่งครอบคลุม 4 เนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ ได้แก่ 1) ปริมาณ 2) ความไม่แน่นอนและข้อมูล 3) การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ และ 4) ปริภูมิและรูปทรง ตลอดจนศึกษาข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทย โดยรวบรวมข้อมูลจากสรุปผลการวิจัย PISA 2015 (IPST, 2018) จากนั้น นำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะตามกรอบการประเมินผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA มีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์โดยการถอดแบบการคิดในการหาคำตอบสถานการณ์ปัญหาของ PISA

2. สรุปคุณลักษณะที่ใช้ในการหาคำตอบสถานการณ์ปัญหา รวม 4 คุณลักษณะ และจัดเรียงคุณลักษณะทั้งหมดตามความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้น โดยจัดเรียงจากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะขั้นสูงกว่า พร้อมทั้งกำหนดนิยามของแต่ละคุณลักษณะ ดังนี้

1) ความสามารถในการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริง (A_1) หมายถึง การที่บุคคลรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ของปัญหาหรือสถานการณ์ที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริง และตัดสินใจได้ว่าส่วนใดที่สามารถนำคณิตศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์ สร้างแนวทาง และนำไปแก้ปัญหา

2) ความสามารถในการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์ (A_2) หมายถึง การรู้ เข้าใจ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างบริบทของปัญหากับภาษาสัญลักษณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อให้สามารถแปลงปัญหาจากสถานการณ์ในบริบทโลกชีวิตจริงให้อยู่ในขอบเขตของคณิตศาสตร์ อาจนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ เครื่องหมายแทน แผนภาพแบบจำลองมาตรฐาน

3) ความสามารถในการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา (A_3) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการใช้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ และค้นหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น การคำนวณ การแก้สมการ การลงข้อสรุปจากสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ การใช้สัญลักษณ์ การสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากตารางและกราฟ การจัดการกับรูปร่างและรูปทรง การวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างแบบจำลองของสถานการณ์ปัญหา

4) ความสามารถในการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (A_4) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสะท้อนวิธีแก้ปัญหา ผลลัพธ์ หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ แล้วตีความออกมาในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง ซึ่งรวมถึงการแปลความหมายของวิธีแก้ปัญหาหรือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ย้อนกลับไปทีบริบทของปัญหา และตัดสินใจว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นเหตุเป็นผลและเข้ากับบริบทของปัญหาหรือไม่

3. นำคุณลักษณะมาสร้างโมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะและเขียนเมทริกซ์กำหนดคุณลักษณะของข้อสอบ (Q-Matrix) แสดงดังตาราง 1 และตาราง 2

ตาราง 1 เมทริกซ์คุณลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อ (Q-Matrix)

ข้อ คำถาม	ความสามารถในการ ระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ ของปัญหาในชีวิตจริง (A ₁)	ความสามารถในการ แปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของ ภาษาทางคณิตศาสตร์ (A ₂)	ความสามารถในการ ใช้หลักการและกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหา (A ₃)	ความสามารถในการ ตีความ ประยุกต์ใช้ และประเมิน ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (A ₄)
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	1	1	1	0
4	1	1	1	1

ตาราง 2 ความหมายของเมทริกซ์คุณลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อ

ข้อคำถาม	คุณลักษณะของข้อสอบ
1	การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริง (A ₁)
2	การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์ (A ₁ , A ₂)
3	การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา (A ₁ , A ₂ , A ₃)
4	การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄)

4. กำหนดแผนผังการออกข้อสอบและรูปแบบของข้อสอบ โดยจากตาราง 1 ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ข้อสอบมีลักษณะเป็นสถานการณ์ปัญหาที่สามารถวัดได้ครบทั้ง 4 คุณลักษณะตามลำดับชั้น ในแต่ละสถานการณ์จึงประกอบด้วย 4 คำถามย่อย ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างสถานการณ์ปัญหาให้เกี่ยวข้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ทั้ง 4 เรื่อง ตามกรอบการประเมินผลของ PISA จำนวนเรื่องละ 2 สถานการณ์ ทำให้แบบสอบประกอบด้วย 8 สถานการณ์ รวมเป็นข้อสอบทั้งหมด 32 ข้อ

5. พัฒนาแบบสอบวินิจัยตามแผนผังการออกข้อสอบ โดยกำหนดรูปแบบการให้คะแนนแบบ 2 ค่า คือ ให้ 1 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบถูก และให้ 0 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบผิด และตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเนื้อเรื่อง (content validity) โดยพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นปรับปรุงข้อคำถามตามคำแนะนำ

ตัวอย่างข้อสอบ สถานการณ์ A: ส่วนผสมโดยประมาณของน้ำผักผลไม้รวมยี่ห้อหนึ่งเป็นดังนี้

ส่วนผสม	น้ำส้ม	น้ำสับปะรด	น้ำมะเขือเทศ	น้ำแครอท
ปริมาณ (มิลลิลิตร)	400	250	150	200

คำถามที่ 1 : ถ้าต้องการทราบปริมาณของส่วนผสมในน้ำผักผลไม้รวม 5,000 มิลลิลิตร นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดต่อไปนี้ช่วยในการแก้ปัญหา

- การประมาณค่า
- อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ
- ความรู้เกี่ยวกับสถิติประกอบการตัดสินใจ
- ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์

คำถามที่ 2 : ข้อใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของส่วนผสมไม่ถูกต้อง

ก. $\frac{x}{5,000} = \frac{400}{1,000}$

เมื่อ x แทนปริมาณของน้ำส้มที่ต้องใช้ในการทำน้ำผักผลไม้รวม 5,000 มิลลิลิตร

ข. $\frac{250}{1,000} = \frac{x}{5,000}$

เมื่อ x แทนปริมาณของน้ำสับปะรดที่ต้องใช้ในการทำน้ำผักผลไม้รวม 5,000 มิลลิลิตร

ค. $\frac{x}{5,000} = \frac{1,000}{150}$

เมื่อ x แทนปริมาณของน้ำมะเขือเทศที่ต้องใช้ในการทำน้ำผักผลไม้รวม 5,000 มิลลิลิตร

ง. $\frac{1,000}{200} = \frac{5,000}{x}$

เมื่อ x แทนปริมาณของน้ำแครอทที่ต้องใช้ในการทำน้ำผักผลไม้รวม 5,000 มิลลิลิตร

คำถามที่ 3 : จากส่วนผสมของน้ำผักผลไม้รวมยี่ห้อนี้ ผู้ที่สนใจจะทำน้ำผักผลไม้รวม 3,500 มิลลิลิตร จะต้องใช้น้ำส้มกี่มิลลิลิตร

คำถามที่ 4 : ถ้าน้ำมีน้ำส้ม 2,200 มิลลิลิตร น้ำสับปะรด 1,300 มิลลิลิตร น้ำมะเขือเทศ 900 มิลลิลิตร

และน้ำแครอท 1,000 มิลลิลิตร แล้วน้ำจะทำน้ำผักผลไม้รวมได้มากที่สุดกี่มิลลิลิตร

6. นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามด้านความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) โดยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยง (reliability) โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha method) ค่าความยาก (difficulty) ค่าอำนาจจำแนก (discrimination) และค่าโอกาสในการเดา (guessing)

7. นำแบบสอบถามที่ผ่านการทดลองใช้ไปพัฒนาเป็นแบบสอบถามออนไลน์

8. นำแบบสอบถามออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้เก็บข้อมูลกับนักเรียน เพื่อทำการวินิจฉัยแบบแผนความรู้และเกณฑ์การวินิจฉัยข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ประชากรและตัวอย่างวิจัย

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2563 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ตัวอย่างวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2563 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผู้วิจัยกำหนดขนาดตัวอย่างวิจัยโดยใช้โปรแกรมการคำนวณของ Soper (2020) ซึ่งกำหนดจำนวนตัวแปรแฝง 5 ตัวแปร และตัวแปรสังเกตได้ 32 ตัวแปร ผลการคำนวณพบว่าควรใช้ตัวอย่างวิจัยอย่างน้อย 269 คน ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนจากนักเรียนใน 9 ภูมิภาค ได้แก่ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ภาคเหนือตอนบน ภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และภาคใต้ โดยสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายเพื่อให้ได้จังหวัดจากทั้ง 9 ภูมิภาค ภูมิภาคละ 1 จังหวัด (รวม 9 จังหวัด) จากนั้นสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายเพื่อให้ได้โรงเรียนจากทั้ง 9 จังหวัด จังหวัดละ 1 โรงเรียน (รวม 9 โรงเรียน) และขั้นตอนสุดท้ายสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายเพื่อให้ได้นักเรียนจากทั้ง 9 โรงเรียน รวม 283 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือวิจัย คือ แบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา รวมทั้งสิ้น 8 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์แบ่งออกเป็น 4 คำถามย่อย รวมเป็น 32 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยประสานไปยังฝ่ายวิชาการของโรงเรียนเพื่อขอความร่วมมือเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยได้ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบสอบและยกตัวอย่างวิธีการเขียนตอบในกระดาษคำตอบ ให้นักเรียนทำข้อสอบให้ครบทุกสถานการณ์และทุกข้อ โดยกำหนดเวลาสำหรับการทดสอบ 60 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเนื้อเรื่องของข้อคำถามในแบบสอบโดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์และด้านการวัดและประเมินผลการศึกษาจำนวน 7 ท่าน พิจารณาให้คะแนน จากนั้นนำผลคะแนนมาหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) ข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ คือ ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (Kanjana-wasee, 2013) และปรับปรุงข้อคำถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2. ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงโครงสร้างของแบบสอบโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) พิจารณาความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยเกณฑ์ในการพิจารณา คือ ค่าไคสแควร์ (Chi-square) ควรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) และดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) มีค่าไม่น้อยกว่า 0.900 และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) มีค่าไม่เกิน 0.050 (Hair et al., 2010)

3. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบในด้านความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha method) โดยเกณฑ์ในการพิจารณาค่าความเที่ยงนั้น ควรสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้แต่ไม่ควรต่ำกว่า 0.5 (Kanjana-wasee, 2013)

4. ตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบด้วยการวิเคราะห์ค่าความยาก (b) ค่าอำนาจจำแนก (a) และค่าโอกาสในการเดา (c) ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โดยเกณฑ์การตัดสินคุณภาพของข้อสอบ คือ ใช้ข้อสอบที่มีค่า a ตั้งแต่ 0.50 ถึง 2.50 มีค่า b ตั้งแต่ -2.50 ถึง 2.50 และมีค่า c ไม่เกิน 0.30 (Kanjana-wasee, 2020)

ผลการวิจัย

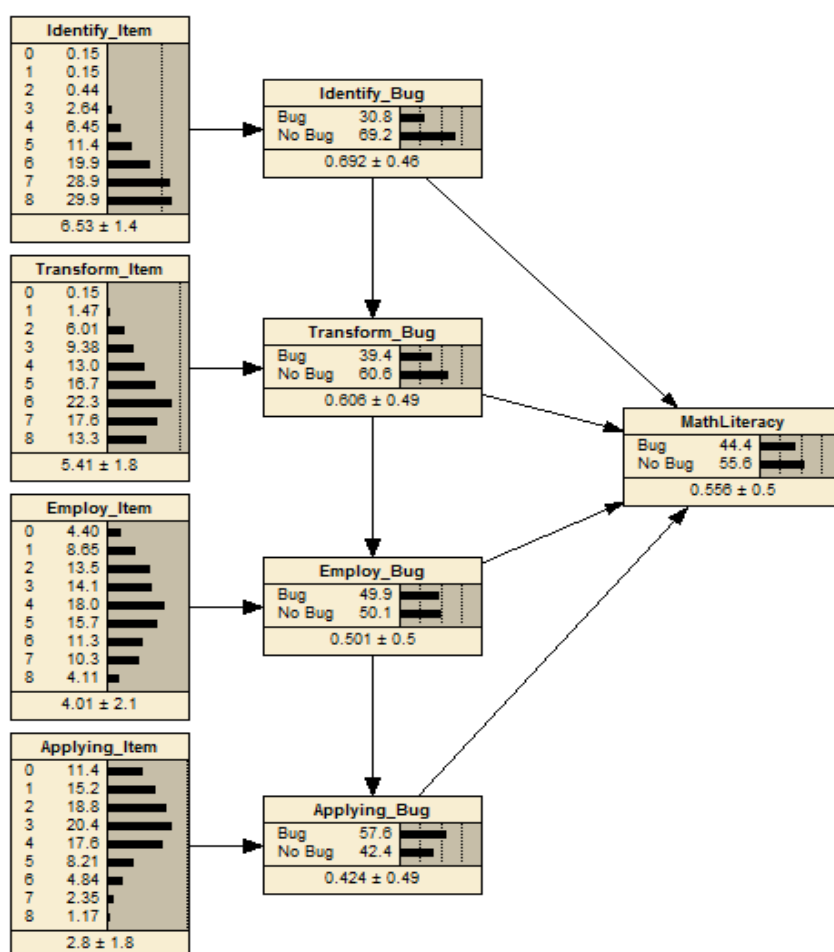
ผู้วิจัยแบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ 1) ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และ 2) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

แบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 8 สถานการณ์ปัญหา วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาคณิตศาสตร์ 4 เรื่อง ตามกรอบการประเมินผลการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วย 4 คำถามย่อย โดยคำถามย่อยที่ 1 วัดคุณลักษณะการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหา

ในชีวิตจริง คำถามย่อยที่ 2 วัดคุณลักษณะการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์ คำถามย่อยที่ 3 วัดคุณลักษณะการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และคำถามย่อยที่ 4 วัดคุณลักษณะการตีความ ประยุกต์ใช้และประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ รวมมีข้อสอบทั้งหมด 32 ข้อ ซึ่งคำถามย่อยที่ 1 และ 2 ของแต่ละสถานการณ์เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ส่วนคำถามย่อยที่ 3 และ 4 ของแต่ละสถานการณ์เป็นข้อสอบปรนัยแบบเติมคำ กำหนดรูปแบบการให้คะแนนแบบ 2 ค่า คือ ให้ 1 คะแนน สำหรับข้อที่นักเรียนตอบถูก และให้ 0 คะแนน สำหรับข้อที่นักเรียนตอบผิด

ในการวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยใช้ Netica Application ในการสร้างโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียนดังภาพที่ 1 โดยค่าที่ปรากฏขึ้นประจำโหนดจะใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกนักเรียนว่ามีข้อบกพร่องหรือไม่ข้อบกพร่องในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในคุณลักษณะใดบ้าง



ภาพ 1 โมเดลการวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน

การวินิจฉัยทำได้โดยนำคะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคนแทนค่าลงในโหนดข้อสอบ (item node) ให้ครบทุกโหนดในโมเดลการวินิจฉัยที่สร้างขึ้น ผลการวินิจฉัยจะแสดงในรูปค่าร้อยละของความน่าจะเป็นของการมีข้อบกพร่องหรือไม่ข้อบกพร่อง (bug/no bug) การแปลผลที่ได้จะพิจารณาจากค่าร้อยละของความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่อง (Bug) ในโหนดต่างๆ ถ้านักเรียนมีค่าร้อยละของความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องสูงกว่าค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์จะแปลผลว่านักเรียนมีข้อบกพร่องในโหนดนั้น เกณฑ์ในการวินิจฉัย ดังภาพ 2

MathLiteracy Bug 44.4 No Bug 55.6 0.558 ± 0.5	นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ก็ต่อเมื่อร้อยละของความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่องมีค่าตั้งแต่ 44.4 ขึ้นไป ($Bug \geq 44.4$)
Identify_Bug Bug 30.8 No Bug 69.2 0.692 ± 0.46	นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในคุณลักษณะการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริงก็ต่อเมื่อร้อยละของความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่องมีค่าตั้งแต่ 30.8 ขึ้นไป ($Bug \geq 30.8$)
Transform_Bug Bug 39.4 No Bug 60.6 0.606 ± 0.49	นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในคุณลักษณะการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์ก็ต่อเมื่อร้อยละของความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่องมีค่าตั้งแต่ 39.4 ขึ้นไป ($Bug \geq 39.4$)
Employ_Bug Bug 49.9 No Bug 50.1 0.501 ± 0.5	นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในคุณลักษณะการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่ต่อเมื่อร้อยละของความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่องมีค่าตั้งแต่ 49.9 ขึ้นไป ($Bug \geq 49.9$)
Applying_Bug Bug 57.6 No Bug 42.4 0.424 ± 0.49	นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในคุณลักษณะการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ก็ต่อเมื่อร้อยละของความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่องมีค่าตั้งแต่ 57.6 ขึ้นไป ($Bug \geq 57.6$)

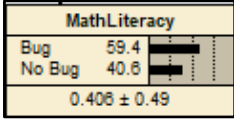
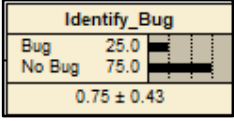
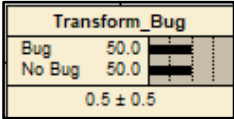
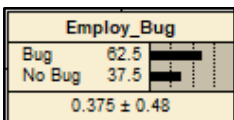
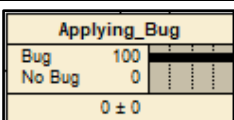
ภาพ 2 เกณฑ์การวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

จากเกณฑ์ในการวินิจฉัยในภาพที่ 2 ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างการวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนางสาว ก. ที่ได้คะแนนจากการทำแบบสอบวินิจฉัย ดังตาราง 3

ตาราง 3 คะแนนของนางสาว ก. ที่ได้จากการทำแบบสอบวินิจฉัย

สถานการณ์ที่	คะแนน			
	Identify_Item	Transform_Item	Employ_Item	Applying_Item
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	1	0	0	0
4	1	1	1	0
5	1	0	0	0
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	0	1	1	0
รวม	7	5	4	2

จากตาราง 3 เมื่อนำคะแนนที่ได้ในแต่ละโหนดไปแทนค่าลงในโมเดลการวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน จะปรากฏผลการวินิจฉัยและแปลผลได้ดังภาพ 3

	Bug = 59.4 (มากกว่าเกณฑ์ Bug = 44.4) แสดงว่า นางสาว ก. มีความน่าจะเป็นที่จะมี<u>ข้อบกพร่อง</u>เกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์
	Bug = 25.0 (น้อยกว่าเกณฑ์ Bug = 30.8) แสดงว่านางสาว ก. มีความน่าจะเป็นที่จะ<u>ไม่มีข้อบกพร่อง</u>ในคุณลักษณะการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริง
	Bug = 50.0 (มากกว่าเกณฑ์ Bug = 39.4) แสดงว่านางสาว ก. มีความน่าจะเป็นที่จะมี<u>ข้อบกพร่อง</u>ในคุณลักษณะ การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์
	Bug = 62.5 (มากกว่าเกณฑ์ Bug = 49.9) แสดงว่านางสาว ก. มีความน่าจะเป็นที่จะมี<u>ข้อบกพร่อง</u>ในคุณลักษณะ การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา
	Bug = 100.0 (มากกว่าเกณฑ์ Bug = 57.6) แสดงว่านางสาว ก. มีความน่าจะเป็นที่จะมี<u>ข้อบกพร่อง</u>ในคุณลักษณะ การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

ภาพ 3 การแปลผลการวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนางสาว ก.

จากภาพ 3 สรุปได้ว่า นางสาว ก. มีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ควรได้รับการพัฒนาใน 3 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์ 2) การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และ 3) การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

เมื่อได้ผลการวินิจฉัยว่านักเรียนมีข้อบกพร่องหรือไม่มีข้อบกพร่องในคุณลักษณะใดแล้ว ผู้วิจัยจำแนกนักเรียนตามแบบแผนความรอบรู้ โดยให้หลักที่ 1, 2, 3 และ 4 แทนความรอบรู้ในคุณลักษณะที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ และกำหนดสัญลักษณ์แทนความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะ ดังนี้

I / i - มี/ไม่มีความรอบรู้ในการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริง (identify)

T / t - มี/ไม่มีความรอบรู้ในการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์ (transform)

E / e - มี/ไม่มีความรอบรู้ในการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา (employ)

A / a - มี/ไม่มีความรอบรู้ในการตีความ ประยุกต์ใช้และประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (applying)

จะได้รูปแบบของเมทริกซ์แบบแผนความรอบรู้ที่แตกต่างกันจำนวนทั้งสิ้น 16 รูปแบบ ดังนี้

- 1) [i t e a] 2) [i t a A] 3) [i t E a] 4) [i t E A]
- 5) [i T e a] 6) [i T e A] 7) [i T E a] 8) [i T E A]
- 9) [I t e a] 10) [I t e A] 11) [I t E a] 12) [I t E A]
- 13) [I T e a] 14) [I T e A] 15) [I T E a] 16) [I T E A]

จากตัวอย่างการวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนางสาว ก. พบว่านางสาว ก. มีแบบแผนความรอบรู้แบบ [I t e a]

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจัยที่พัฒนาขึ้น

แบบสอบวินิจัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเนื้อเรื่อง คุณภาพของข้อสอบ ความตรงเชิงโครงสร้าง และความเที่ยง มีรายละเอียดดังนี้

ความตรงตามเนื้อเรื่อง (content validity)

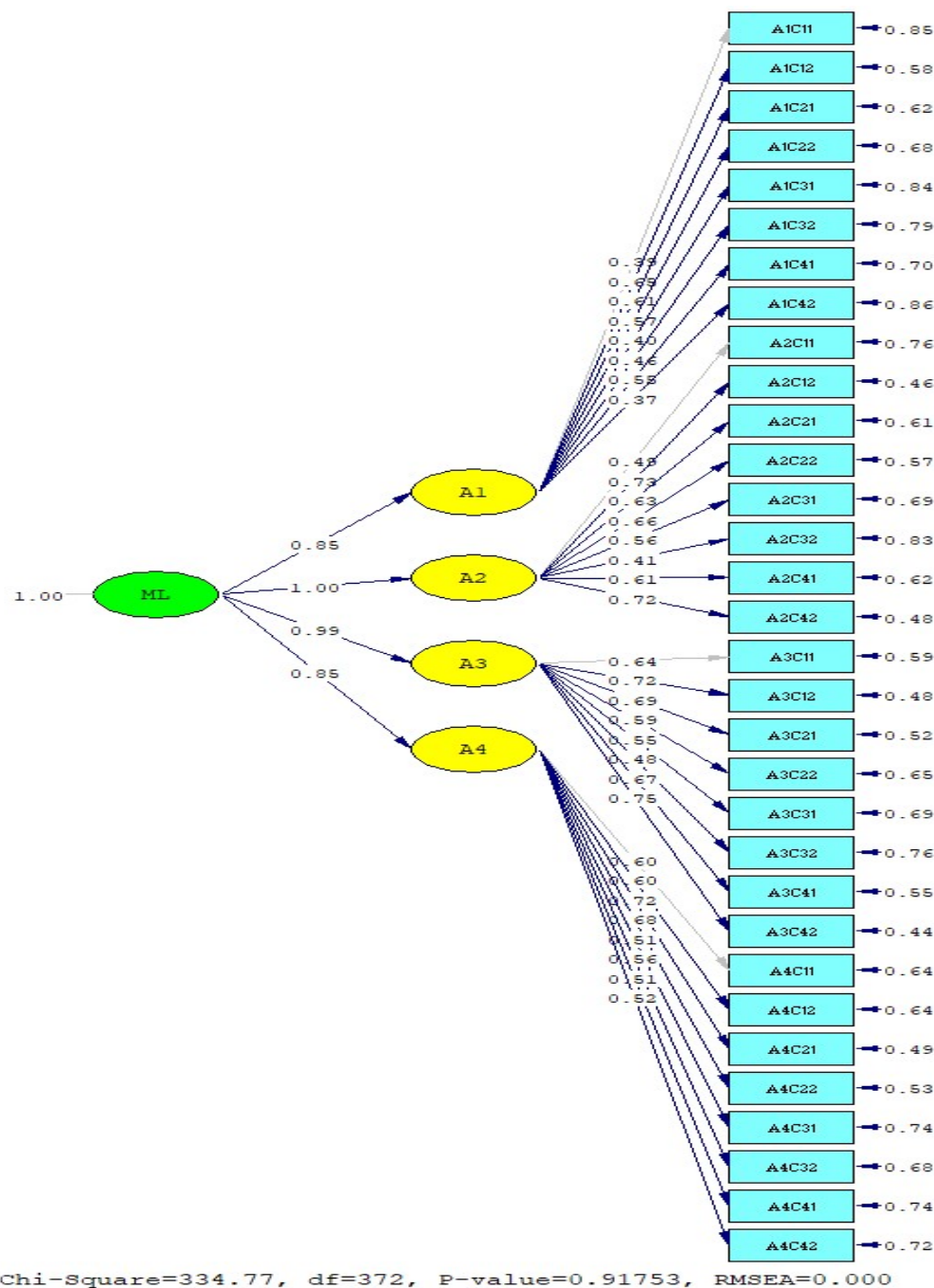
การตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเนื้อเรื่องของข้อคำถามในแบบสอบ ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (IOC) จากผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์และด้านการวัดและประเมินผลการศึกษาจำนวน 7 ท่าน ที่ได้พิจารณาความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาสาระและคุณลักษณะที่ต้องการวัดกับข้อสอบที่พัฒนาขึ้นจำนวน 32 ข้อ ผลปรากฏว่าข้อสอบทุกข้อมีความตรงผ่านเกณฑ์ โดยมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.71 ถึง 1.00 สามารถวัดได้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระและคุณลักษณะที่กำหนดไว้ในเมทริกซ์คุณลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อ

คุณภาพของข้อสอบ

การตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ พบว่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) มีค่าตั้งแต่ 0.44 ถึง 3.23 แสดงว่าข้อสอบทุกข้ออยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้จำแนกนักเรียนได้ ยกเว้นข้อ 8.1 เพียงข้อเดียวที่มีค่าอำนาจจำแนกต่ำกว่าเกณฑ์เพียงเล็กน้อย สำหรับความยากของข้อสอบ (b) มีค่าตั้งแต่ -1.88 ถึง 1.50 แสดงว่าข้อสอบทุกข้ออยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้ และโอกาสในการเดา (c) มีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 0.31 แสดงว่าข้อสอบทุกข้อเป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ ยกเว้นข้อ 4.1 เพียงข้อเดียวที่มีโอกาสในการเดาสูงกว่าเกณฑ์เพียงเล็กน้อย ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงตัวลองให้มีประสิทธิภาพก่อนนำข้อสอบไปใช้

ความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity)

การตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงโครงสร้าง ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกองค์ประกอบมีระดับน้ำหนักองค์ประกอบที่ยอมรับได้ โดยน้ำหนักองค์ประกอบด้านการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริงมีค่าตั้งแต่ 0.367 ถึง 0.645 น้ำหนักองค์ประกอบด้านการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์ มีค่าตั้งแต่ 0.407 ถึง 0.734 น้ำหนักองค์ประกอบด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีค่าตั้งแต่ 0.475 ถึง 0.742 และน้ำหนักองค์ประกอบด้านการตีความ ประยุกต์ใช้และประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์มีค่าตั้งแต่ 0.504 ถึง 0.705 นอกจากนี้ เมื่อทำการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวินิจัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยการทดสอบไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 334.770 (df=372, p=0.918) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.931 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับค่าแล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.902 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (RMSEA) เท่ากับ 0.000 ซึ่งจากดัชนีความสอดคล้องของโมเดลเหล่านี้ แสดงให้เห็นว่าโมเดลการวินิจัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งเป็นหลักฐานแสดงถึงความตรงเชิงโครงสร้างของแบบสอบวินิจัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น



ภาพ 4 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ความเที่ยง (reliability)

การตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงของแบบสอบถามวิจัย ผู้วิจัยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha method) ปรากฏว่ามีค่าความเที่ยงอยู่ในระดับสูง โดยค่าความเที่ยงด้านการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริงเท่ากับ 0.763 ค่าความเที่ยงด้านการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 0.820 ค่าความเที่ยงด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเท่ากับ 0.842 และค่าความเที่ยงด้านการตีความ ประยุกต์ใช้และประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 0.814 เป็นหลักฐานแสดงว่าแบบสอบถามวิจัยที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยงอยู่ในระดับสูง

อภิปรายผล

จากการพัฒนาแบบสอบวินิจัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ ผู้วิจัยขอเสนอประเด็นการอภิปรายผลดังนี้

1. การตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบด้วยการพิจารณาอำนาจจำแนก ความยาก และโอกาสในการเดา อำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นความสามารถของเครื่องมือในการแบ่งระดับคุณลักษณะที่ต้องการวัด จากผลการวิเคราะห์พบว่าอำนาจจำแนกปานกลาง ซึ่งในทางปฏิบัติตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ อำนาจจำแนกควรอยู่ระหว่าง 0.50 ถึง 2.50 (Kanjana-wasee, 2013) ซึ่งหลักการเลือกข้อสอบไม่จำเป็นต้องเลือกเฉพาะข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกสูง แต่ควรเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกปานกลางขึ้นไปหรือเป็นไปตามเกณฑ์ มีความครอบคลุมและสามารถเป็นตัวแทนของคุณลักษณะที่ต้องการวัดร่วมกับพิจารณาคุณภาพด้านอื่นๆ (Hair et al, 2010) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความยากของข้อสอบ พบว่ามีความยากปานกลาง แสดงให้เห็นว่าแบบสอบมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้วินิจัยข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ อีกทั้งจำนวนข้อสอบที่มีเพียง 32 ข้อ แต่สามารถวินิจัยข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้ครอบคลุมทั้ง 4 คุณลักษณะ ทำให้นักเรียนไม่เกิดความเหนื่อยล้าในการทำข้อสอบและช่วยลดโอกาสในการเดาข้อสอบได้ อย่างไรก็ตาม แบบสอบที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะซึ่งแตกต่างจากวิธี rule space (Tatsuoka, 1983) ที่มีข้อดี คือ สามารถวิเคราะห์สาเหตุของความคลาดเคลื่อนได้ แต่วิธี rule space ก็มีข้อจำกัดที่ต้องใช้ตัวอย่างขนาดใหญ่ จึงไม่เหมาะสมกับการวินิจัยในระดับห้องเรียน ดังนั้น เพื่อให้ได้แบบสอบวินิจัยที่สามารถใช้ได้กับนักเรียนในห้องเรียนทั่วไป การใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะก็มีความเหมาะสม แม้ว่าจะมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถวิเคราะห์สาเหตุของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือแบบการคิดที่ผิด (error pattern) ของนักเรียนได้ แต่อย่างน้อยก็สามารถชี้ให้เห็นรูปแบบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้โดยง่าย ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบวินิจัยนี้ จึงมีประโยชน์เพียงพอต่อการนำไปใช้วิเคราะห์ข้อบกพร่องของนักเรียนได้ในระดับหนึ่ง

2. การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง โมเดลการวินิจัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริง 2) การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์ 3) การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และ 4) การตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ 0.367 ถึง 0.742 ซึ่งหากพิจารณาตามเกณฑ์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของ Hair et al. (2010) ที่ได้เสนอเกณฑ์การพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบควรมีค่าตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป จะเห็นได้ว่าทั้ง 4 คุณลักษณะสามารถเป็นตัวแทนขององค์ประกอบความรู้เกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ เมื่อทำการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวินิจัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยการทดสอบไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 334.770 (df=372, p=0.918) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตาม เนื่องจากค่าไคสแควร์มีความไวต่อขนาดของตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงพิจารณาค่าสถิติตัวอื่นร่วมด้วย ได้แก่ ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.931 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับค่าแล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.902 ซึ่งทั้ง 2 ค่ามากกว่า 0.900

อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ แสดงถึงประสิทธิภาพของโมเดลในภาพรวมทั้งหมด สำหรับค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (RMSEA) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงขนาดของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ มีค่าเท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 อยู่ในเกณฑ์การยอมรับเช่นกัน ทั้งนี้ Kanjanawasee (2013) Hox (2010) and Steiger (2007) ได้กล่าวไว้ว่าการวิเคราะห์หอคอบประกอบเชิงยืนยันเป็นการแสดงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้าง โดยเป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูล หากโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลจะบ่งชี้ถึงโมเดลองค์ประกอบที่ศึกษาเป็นหลักฐานสำหรับยืนยันองค์ประกอบคุณลักษณะที่วัด จากค่าสถิติข้างต้นที่ได้ จะเห็นว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับทุกค่า จึงบ่งชี้ว่าโมเดลการวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ อันเป็นหลักฐานแสดงความตรงเชิงโครงสร้างของแบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น

3. การตรวจสอบความเที่ยง จากผลการตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่าค่าความเที่ยงด้านการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริงเท่ากับ 0.763 ค่าความเที่ยงด้านการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 0.820 ค่าความเที่ยงด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเท่ากับ 0.842 และค่าความเที่ยงด้านการตีความ ประยุกต์ใช้และประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 0.814 ซึ่งหากพิจารณาตามเกณฑ์การตัดสินค่าความเที่ยงที่แสดงถึงคุณภาพของการออกแบบการวัดของ Kanjanawasee (2013) ที่ได้เสนอไว้ว่าอย่างน้อยที่สุดควรมีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงไม่ต่ำกว่า 0.50 หากการทดสอบนั้นไม่ได้ส่งผลต่อการตัดสินใจในเรื่องที่สำคัญและยังมีโอกาสในการติดตามตรวจสอบเพื่อพัฒนาความก้าวหน้าของสิ่งนั้นในโอกาสต่อไป เช่น การทดสอบเพื่อจัดกลุ่มนักเรียนตามความสามารถหรือการทดสอบเพื่อวินิจฉัยว่าใครควรได้รับการเรียนซ่อมเสริม ซึ่งความคลาดเคลื่อนของผลการตัดสินไม่ก่อให้เกิดผลอันตรายร้ายแรง จะเห็นได้ว่าแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ มีหลักฐานที่แสดงถึงความเที่ยงที่น่าเชื่อถืออยู่ในระดับค่อนข้างสูง

4. ผลการวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน เมื่อพิจารณาจำแนกตามภูมิภาคทั้ง 9 ภูมิภาค พบว่าสัดส่วนของนักเรียนที่มีข้อบกพร่องแตกต่างกันตามภูมิภาคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (จังหวัดศรีสะเกษและจังหวัดบุรีรัมย์) เป็นภูมิภาคที่มีนักเรียนที่มีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์มากที่สุดเป็นอันดับแรก คิดเป็นร้อยละ 65.63 ในขณะที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีนักเรียนที่มีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.39 ซึ่งร้อยละของนักเรียนที่มีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ระหว่างภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างกับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีความแตกต่างกันสูงมาก สอดคล้องกับผลการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA (2015) ที่พบว่าความรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดใน 9 ภูมิภาค โดยต่ำกว่าทั้งค่าเฉลี่ยของประเทศไทยและค่าเฉลี่ยของ OECD ในขณะที่การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดใน 9 ภูมิภาค โดยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศไทย แต่ยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD ซึ่งจากการวิเคราะห์การกระจายคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยในพื้นที่ต่างๆ ในกรอบการประเมิน ยังพบที่มีความแตกต่างกันมาก โดยนักเรียนจากพื้นที่ที่มีคะแนนต่ำที่สุด (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง) มีคะแนนแตกต่างจากนักเรียนในพื้นที่ที่มีคะแนนสูงที่สุด (กรุงเทพมหานครและปริมณฑล) เทียบเท่ากับการเรียนที่ต่างกันประมาณ 2 ปี

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

แบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในช่วงปลายภาคเรียนที่ 2 เนื่องจากเป็นช่วงที่นักเรียนจะได้ผ่านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สำคัญและจำเป็นสำหรับโลกชีวิตจริงมาแล้ว เพื่อให้ผลการวินิจฉัยที่ได้สามารถใช้สรุปว่านักเรียนมีข้อบกพร่องหรือไม่มีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในคุณลักษณะใดบ้าง ทั้งนี้ ควรมีการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน โดยอาจนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเองภายหลังเสร็จสิ้นการทดสอบและจัดทำแบบรายงานผลคะแนนเชิงวินิจฉัยเป็นรายบุคคลพร้อมให้ข้อแนะนำที่เหมาะสมกับคุณลักษณะที่นักเรียนมีความบกพร่อง เพื่อให้นักเรียนได้รับทราบข้อบกพร่องของตนเองและนำข้อแนะนำที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคุณลักษณะที่ยังมีข้อบกพร่องให้ดีขึ้น นอกจากนี้ ผลการวินิจฉัยยังสามารถใช้เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับผู้รับผิดชอบในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาให้นักเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์และสามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในบริบทโลกชีวิตจริงหลังจากจบการศึกษาภาคบังคับได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 แบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์การรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ ประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนที่สร้างขึ้นจาก Netica Application ในการวินิจฉัย ซึ่งนำไปใช้ได้ง่ายและสามารถใช้กับนักเรียนได้ครั้งละจำนวนมาก เพียงแทนค่าคะแนนที่ได้จากการตอบข้อสอบของนักเรียนลงในโหมดข้อสอบในโมเดลการวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน จากนั้นโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่องหรือไม่มีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และทำให้ทราบว่านักเรียนมีข้อบกพร่องหรือไม่มีข้อบกพร่องในคุณลักษณะใดบ้าง แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถวินิจฉัยถึงรายละเอียดว่านักเรียนมีข้อบกพร่องอย่างไร วินิจฉัยได้เพียงว่านักเรียนมีข้อบกพร่องในคุณลักษณะใด ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจใช้วิธีการอื่นประกอบการวินิจฉัยเพิ่มเติม เช่น การสัมภาษณ์นักเรียนหรือการให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีทำ

2.2 วิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปปรับใช้กับการวินิจฉัยความสามารถในเนื้อหาวิชาอื่น ๆ ที่มีลักษณะเป็นความสามารถที่มีหลายองค์ประกอบย่อยได้ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์เพื่อค้นหาองค์ประกอบของความสามารถที่ต้องการวินิจฉัยให้ครอบคลุม แล้วค้นหาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบย่อยเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์นั้นจนพัฒนาขึ้นเป็นโมเดลการวินิจฉัย ทั้งนี้ ในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยตามโมเดลที่พัฒนาขึ้นควรออกแบบให้มีจำนวนข้อสอบที่เหมาะสมและสามารถครอบคลุมข้อบกพร่องที่พบและองค์ประกอบของความสามารถที่ต้องการวินิจฉัย สำหรับตัวเลือกของข้อสอบในแต่ละข้อ ควรมีการสำรวจข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับนักเรียนส่วนใหญ่และควรมีตัวเลือกปลายเปิดให้นักเรียนได้ตอบในกรณีที่นักเรียนมีข้อบกพร่องไม่เหมือนกับตัวลงในข้อสอบ

References

- Gierl, M. J., Alves, C. and Taylor-Majeau, R. (2010). Using the Attribute Hierarchy Method to make diagnostic inferences about examinees' skills in mathematics An operational implementation of cognitive diagnostic assessment. *International Journal of Testing*, 10, 318-341.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis*. Pearson Education.
- Hox, J. J. (2010). *Multilevel analysis: Techniques and applications*. Routledge.
- Leighton, J. P., Gierl, M. J., & Hunka, S. M. (2004). The attribute hierarchy method for cognitive assessment: A variation on Tatsuoka's rule-space approach. *Journal of Educational Measurement*, 41(3), 205-237.
- Steiger, J. H. (2007). Understanding the limitations of global fit assessment in structural equation modeling. *Personality and Individual Differences*, 42, 893-898.
- Tatsuoka, K. K., (1983). Rule space: An approach for dealing misconception based on item response theory. *Journal of Educational Measurement*, 20, 345-354.

Translate Thai Reference

- Kanjanawasee, S. (2013). *Classical test theory* (7th ed.). Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- Kanjanawasee, S. (2020). *Modern test theories* (5th ed.). Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- PISA Thailand IPST. (2014). *PISA 2012 Results: Science, Reading and Mathematics*. The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (in Thai)
- PISA Thailand IPST. (2018). *PISA 2015 Results: Science, Reading and Mathematics*. The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (in Thai)
- Susheva, S. (1995). *The Development of diagnostic method for detecting mathematical misconception* [Doctoral Dissertation]. Chulalongkorn University. (in Thai)
- TDRI. (2010). *21st Century Skills Rethinking How students learn*. [online]. Available from: <http://www.tdri.or.th>, Cited in The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2015). *Mathematics education at School-Level in Thailand: The Development-Impact-Current recession*. (in Thai)