

การสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์วัดทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ระดับชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 1 และจำแนกกลุ่มระดับความสามารถโดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ

Construction of a Criterion-Referenced Test on Mathematical Calculation Skills  
Involving Integer for Seventh-Grade Students and Classify Ability Level by Fuzzy Logic

อักรพล พรหมตรุษ<sup>1\*</sup>

Akkarapon Promtrud<sup>1\*</sup>

Received: April 12, 2024; Revised: June 09, 2024; Accepted: July 20, 2024

**บทคัดย่อ**

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบทดสอบแบบทดสอบอิงเกณฑ์วัดทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2) ตรวจสอบคุณภาพ และ 3) วิเคราะห์จำแนกกลุ่มระดับความสามารถโดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ การสร้างแบบวัดนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้บริบทของโรงเรียนสรค่อนันต์วิทยา 2 กลุ่มตัวอย่างในการทดสอบ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 - 2566 รวม 30 คน ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) เนื่องจากเป็นโรงเรียนขนาดเล็ก ผู้วิจัยจึงเก็บข้อมูลโดยเลือกนักเรียนทั้งชั้นเรียน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการสร้างแบบทดสอบแบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ความคิดรวบยอดด้านการคิดคำนวณ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ ตอนที่ 2 วัดทักษะการคิดคำนวณ เป็นแบบทดสอบเติมคำ จำนวน 12 ข้อ และตอนที่ 3 วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการคิดคำนวณ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ 2) ผลการตรวจสอบคุณภาพ พบว่า แบบทดสอบทั้งฉบับมีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ได้ มีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.86 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด เท่ากับ 0.23 และ 3) วิเคราะห์จำแนกกลุ่มโดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ จำแนกนักเรียนเป็นกลุ่มดีเยี่ยมคิดเป็นร้อยละ 20 กลุ่มดีคิดเป็นร้อยละ 43.33 และกลุ่มอ่อนคิดเป็นร้อยละ 36.67

**คำสำคัญ:** แบบทดสอบอิงเกณฑ์ ทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

<sup>1</sup>ครู คศ.1 โรงเรียนสรค่อนันต์วิทยา 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุโขทัย

<sup>1</sup>teacher, Sawanananwittaya 2 School, The secondary Educational Service Area Office Sukhothai

\*Corresponding Author E-mail: promtrud.research@gmail.com\*

## Abstract

The aim of this research was to 1) construction of a criterion-referenced test on mathematical calculation skills involving integer for 7<sup>th</sup> grade students, 2) quality check, and 3) classify ability level by fuzzy logic. The aim of developing this assessment is to use it in the context of Sawanananwittaya 2 School. The research participants included 30 7<sup>th</sup> grade students on semester 1 of the 2022 – 2023 academic year, who were selected using purposive sampling from the entire 7<sup>th</sup> grade cohort of Sawanananwittaya 2 School, which is a small school. The result show that: 1) the test construction is divided into three parts: Part 1 measures the conceptual understanding of computation with a multiple-choice test of 15 items; Part 2 assesses computational skills with a fill in the blank test of 12 items; and Part 3 evaluates the mathematical process skills related to computation with a subjective test of 4 items. 2) The results of the quality inspection revealed that the entire test is of usable quality, with a Cronbach's alpha reliability coefficient equal to 0.86 and a standard error of measurement equal to 0.23. and 3) group classification analysis using the fuzzy logic method categorized students into three groups: 20% in the excellent group, 43.33% in the good group, and 36.67% in the weak group.

**Keyword:** Criterion-Referenced Test, Mathematical Calculation Skills, Fuzzy Logic

## บทนำ

นักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมัน คาร์ล ฟรีดริช เกาส์ (Carl Friedrich Gauss) ได้กล่าวว่า "ทฤษฎีจำนวนเปรียบเสมือนเป็นราชินีแห่งคณิตศาสตร์ (Number theory is the queen of mathematics)" (Jonathan, K.,1990) จากข้อความดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า องค์ความรู้ด้านจำนวนเป็นรากฐานสำคัญของคณิตศาสตร์ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับสาระความรู้ด้านจำนวนเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์เช่นเดียวกัน สอดคล้องกับ ชินดา รื่นรัมย์ (2564) ได้กล่าวว่า ทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญเนื่องจากเป็นพื้นฐานของการมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และเป็นพื้นฐานของการรู้จักคิดอย่างเป็นระบบระเบียบชัดเจนและรัดกุมจนนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้ ทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ดังที่ อัครพล พรหมตรุษ และอุเทน ปุ่มสันเทียะ (2562) พบว่า พื้นฐานทางการคำนวณอยู่ในระดับต่ำ เป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางการเรียน

คณิตศาสตร์ ด้วยเหตุนี้ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์จึงไม่ควรละเลยต่อการพัฒนาให้นักเรียนมีความคล่องแคล่วในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์

ทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Mathematical calculation skills) หมายถึง ความถูกต้องและความคล่องแคล่วในการหาผลลัพธ์จากการดำเนินการระหว่างจำนวนตั้งแต่ระดับที่มีความซับซ้อนน้อยไปจนถึงความซับซ้อนมาก การที่นักเรียนจะมีความคล่องแคล่วและแม่นยำจะต้องอาศัยความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้และความจำขั้นตอนการแก้ปัญหามาใช้ตอบสนองต่อสถานการณ์ที่ได้รับอย่างเป็นธรรมชาติ (Siegler, R. S., 1988; Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A., 2001; อัญธิกา ทรงมีสิงห์สกุล, 2562; ชนิตา รื่นรัมย์, 2564) จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่านักเรียนจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางการคำนวณได้อย่างถูกต้องคล่องแคล่วจะต้องมีความรู้ความสามารถ ได้แก่ 1) ความคิดรวบยอดด้านการคิดคำนวณ (ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวน การดำเนินการ และขั้นตอนวิธีการหาผลลัพธ์) 2) ทักษะการคิดคำนวณ (ความคล่องแคล่วในการคำนวณโดยสามารถนำความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการคำนวณมาตอบสนองการคำนวณอย่างเป็นธรรมชาติ) และ 3) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการคิดคำนวณ (ความสามารถที่ถูกใช้เมื่อเผชิญกับสถานการณ์ทางด้านการคิดคำนวณที่ท้าทายใหม่ ๆ) (Wilkinson, G. S., & Robertson, G. J., 2006; Powell, S. R., & Hebert, M. A., 2016; อัญธิกา ทรงมีสิงห์สกุล, 2562, ชนิตา รื่นรัมย์, 2564) ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยสังเคราะห์องค์ประกอบในการวัดทักษะการคิดคำนวณ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความคิดรวบยอดด้านการคิดคำนวณ ประกอบด้วย (1) เข้าใจจำนวนบวกและจำนวนลบ ใช้จำนวนแทนปริมาณในบริบทของชีวิตจริง และอธิบายความหมายของ 0 ในแต่ละสถานการณ์ (2) เปรียบเทียบจำนวนเต็ม (3) บวก ลบ คูณ และหารจำนวนเต็ม (4) นำสมบัติการสลับที่ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ และสมบัติการแจกแจง มาประยุกต์ใช้ในการคิดคำนวณ (5) แก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริงที่เกี่ยวกับการดำเนินการของจำนวนเต็ม 2) ทักษะการคิดคำนวณ หมายถึง ความคล่องแคล่วในการหาผลลัพธ์การดำเนินการของจำนวนซึ่งพิจารณาจากความถูกต้องและระยะเวลาที่ใช้อย่างจำกัด เพื่อสะท้อนความสามารถในการนำความรู้หรือความจำขั้นตอนทางการคำนวณมาใช้อย่างเป็นธรรมชาติ และ 3) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการคิดคำนวณ หมายถึง ความสามารถด้านการคำนวณที่ใช้ตอบสนองต่อสถานการณ์ปัญหาที่ท้าทาย ได้แก่ (1) ความสามารถในการแก้ปัญหา (2) ความสามารถในการสื่อสาร (3) ความสามารถในการเชื่อมโยง (4) ความสามารถในการให้เหตุผล และ (5) การคิดสร้างสรรค์

ดังที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่า ทักษะการคิดคำนวณมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์จากการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคด้านการจัดการเรียนรู้ในแต่ละปีการศึกษาของโรงเรียนสวรรค์อนันต์วิทยา 2 ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็ก สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุโขทัย พบว่านักเรียนที่เข้ารับการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในแต่ละปีศึกษามักจะขาดทักษะการคำนวณทางคณิตศาสตร์คิดเป็นจำนวนมากกว่าร้อยละ 90 ส่งผลให้ครูผู้สอนต้องเผชิญกับความท้าทายในการพัฒนา

นักเรียนให้มีผลลัพธ์เป็นไปตามมาตรฐานของหลักสูตร จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2562 - 2566) พบว่าสาระที่โรงเรียนควรเร่งพัฒนาปรากฏจาก 4 ปีใน 5 ปี คือ จำนวนและพีชคณิต ซึ่งทักษะการคำนวณทางคณิตศาสตร์เป็นหัวใจของการเรียนรู้ทางจำนวนและพีชคณิต อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมาระบบโรงเรียนสวรรคคณันต์วิทยา 2 ยังไม่เคยมีการสร้างหรือพัฒนาแบบวัดทักษะการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่มีการทดสอบคุณภาพมาก่อน ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์วัดทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนเต็ม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เนื่องจากแบบวัดที่สร้างขึ้นมีความประสงค์สร้างให้ครอบคลุมมาตรฐานและตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่สถานศึกษาใช้ และเพื่อให้สามารถอ้างอิงผลการใช้ได้ครอบคลุมกับนักเรียนที่ใช้ในรอบหลักสูตรเดียวกัน นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกกลุ่มระดับทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูล หลักตรรกศาสตร์คลุมเครือผู้คิดค้นคือ L. A. Zadeh ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก (Zadeh, L. A., 1965) เป็นหลักการที่จะช่วยแก้ปัญหาการตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลที่มีความคลุมเครือด้วยการใช้เหตุผลแบบประมาณการคล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ซึ่งมีนักวิจัยหลายศาสตร์ได้นำแนวคิดดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย ผู้วิจัยหวังว่า ผู้ที่สนใจศึกษาจะได้รับแนวทางหรือความรู้บางประการในการนำไปใช้พัฒนาต่อยอดต่อไป

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์วัดทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบอิงเกณฑ์วัดทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
3. เพื่อจำแนกกลุ่มระดับทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ

### วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างเครื่องมือวัดทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ถูกใช้ในบริบทของโรงเรียนสวรรคคณันต์วิทยา 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุโขทัย มีรายละเอียดดังนี้

### กลุ่มที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพของแบบวัด

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 โรงเรียนสวรรคคณ์นันทวิทยา 2 ซึ่งได้จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือกคือ เป็นนักเรียนที่เข้าศึกษาใหม่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 เนื่องจากเป็นโรงเรียนขนาดเล็ก ผู้วิจัยจึงเก็บข้อมูลโดยเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้งชั้นเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ทั้งชั้นเรียนจำนวน 18 คน และปีการศึกษา 2566 ทั้งชั้นเรียนจำนวน 12 คน รวม 30 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบอิงเกณฑ์วัดทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

### วิธีการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ มีดังนี้

- 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการคิดคำนวณและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและหาคุณภาพของแบบวัดแบบอิงเกณฑ์
- 2) วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน เรื่อง จำนวนเต็ม โดยออกแบบข้อคำถามที่ใช้ในแบบทดสอบให้ครอบคลุมในส่วนของมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดคณิตศาสตร์และนิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการของทักษะการคิดคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ
- 3) สร้างแบบทดสอบโดยแบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ความคิดรวบยอดด้านการคิดคำนวณ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ ตอนที่ 2 วัดทักษะการคิดคำนวณ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบเติมคำ จำนวน 12 ข้อ และตอนที่ 3 วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการคิดคำนวณ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ
- 4) ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of consistency: IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 - 1.00
- 5) จัดเตรียมแบบทดสอบเพื่อนำไปใช้และทำการวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยการดำเนินการจัดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสวรรคคณ์นันทวิทยา 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ทั้งชั้นเรียนจำนวน 18 คน และปีการศึกษา 2566 ทั้งชั้นเรียนจำนวน 12 คน รวม 30 คน

### การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ ได้แก่ แบบทดสอบแบบปรนัยวิเคราะห์ค่าความยาก (Difficulty) วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination power) โดยสูตรของเบรนนัน (Brennan) ด้วย Discrimination Index B วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ตามวิธีของโลเวตต์ (Lovett method) แบบทดสอบแบบอัตนัยวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยสูตรของวินีและซาเบอร์ส

(Whitney and Sabers) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - Coefficient) ของครอนบาค

2) การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มระดับทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ โดยกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ได้แก่ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามเหลี่ยม (Triangular membership function) และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal membership function) และใช้วิธีการแปลงค่าฟัซซี (Fuzzy) เป็นค่าปกติด้วยวิธีค่าความเป็นสมาชิกสูงสุด (Max membership principle) คือ  $\mu_c(z^*) \geq \mu_c(z); z \in Z$  เมื่อ  $z^*$  คือค่าที่ถูกแปลงเป็นค่าปกติ โดยทำการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม MATLAB

## ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์วัดทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีดังนี้

1) แบบทดสอบถูกออกแบบเพื่อวัดทักษะการคิดคำนวณโดยแบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ความคิดรวบยอดด้านการคิดคำนวณ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ (จำกัดเวลา 10 นาที) คะแนนเต็ม 15 คะแนน ตอนที่ 2 วัดทักษะการคิดคำนวณ เป็นแบบทดสอบเติมคำ จำนวน 12 ข้อ (จำกัดเวลา 7 นาที) คะแนนเต็ม 12 คะแนน และตอนที่ 3 วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการคิดคำนวณ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ (จำกัดเวลา 10 นาที) คะแนนเต็ม 15 คะแนน รวม 42 คะแนน โดยในการทดสอบจะทดสอบไปที่ละตอนกับผู้เข้าทดสอบพร้อมกัน โดยตัวอย่างข้อคำถามมีลักษณะดังนี้

1.1) ตัวอย่างข้อคำถามเพื่อวัดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการนำสมบัติการสลับที่ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ และสมบัติการแจกแจง มาประยุกต์ใช้ในการคิดคำนวณ เช่น

ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- ก.  $[-5 + (-7)] + (-11) = -5 + [(-7) + (-11)]$       ข.  $[-255 \times 78] + (-97) = -255 \times [78 + (-97)]$   
ค.  $(-7 - 12) - 5 = -7 - (12 - 5)$       ง.  $[-9 \div (-3)] \div 3 = -9 \div [-3 \div 3]$

1.2) ตัวอย่างข้อคำถามวัดทักษะการคิดคำนวณ โดยจะเรียงลำดับความซับซ้อนจากน้อยไปมาก เช่น  $9 + (-5) = \dots\dots\dots$  หรือ  $[(-4)(-5) + 13] \times [(-7) \div (-1)] = \dots\dots\dots$  โดยพิจารณาความถูกต้องร่วมกับระยะเวลาที่ใช้อย่างจำกัด

1.3) ตัวอย่างข้อคำถามวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงและความสามารถในการให้เหตุผล เช่น “นักเรียนคิดว่าผลลัพธ์ของการดำเนินการ  $(-3)(-3)(-3)\dots(-3)$  เป็นจำนวนเต็มบวกหรือเต็มลบ จงอธิบาย” 60 ตัว

2) การให้คะแนนแบบทดสอบในแต่ละตอน คือ ตอนที่ 1-2 ให้คะแนนข้อละ 1 คะแนน (ตอบถูก 1 คะแนน และตอบผิด 0 คะแนน) ตอนที่ 3 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนรูปrik โดยหาคุณภาพของเกณฑ์การให้

คะแนนรูบริก พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency: IOC) เท่ากับ 0.67 - 1.00 และความเที่ยงแบบวัดซ้ำ โดยเว้นระยะเวลาประเมิน 2 สัปดาห์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเท่ากับ 0.97 (Sig.<.01) รายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

| ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์                              | ระดับคุณภาพ                                                                                                                            |                                                                                                                                          |                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                          | ดี (3 คะแนน)                                                                                                                           | พอใช้ (2 คะแนน)                                                                                                                          | ปรับปรุง (1 คะแนน)                                                                                                                             |
| 1) ความสามารถในการแก้ปัญหา                               | 1.1) ใช้วิธีการในการแก้ปัญหาการคำนวณได้ถูกต้อง<br>1.2) ความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาถูกต้อง<br>1.3) คิดคำนวณได้ถูกต้อง                | 1.1) ใช้วิธีการในการแก้ปัญหาการคำนวณได้ถูกต้อง<br>1.2) ความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาถูกต้อง<br>1.3) คิดคำนวณผิดพลาด                     | 1.1) มีแนวทาง/วิธีการในการแก้ปัญหาการคำนวณ<br>สมเหตุสมผล<br>1.2) ความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาพบข้อผิดพลาด                                    |
| 2) ความสามารถในการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ | 2.1) เขียนแสดงวิธีการคิดเป็นลำดับขั้นตอน<br>2.2) ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์สื่อสารได้ถูกต้อง                                            | 2.1) เขียนแสดงวิธีการคิดเป็นลำดับขั้นตอน<br>2.2) ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์สื่อสารผิดพลาด                                                 | 2.1) เขียนแสดงวิธีการคิดไม่เป็นลำดับขั้นตอนแต่สื่อสารวิธีคิดได้<br>2.2) ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์สื่อสารผิดพลาด                                |
| 3) ความสามารถในการเชื่อมโยง                              | 3.1) ใช้ความรู้พื้นฐานวิเคราะห์ผลลัพธ์ของเหตุการณ์ใหม่ได้ถูกต้อง<br>3.2) ความรู้ที่ใช้วิเคราะห์มีความสมเหตุสมผล                        | 3.1) ใช้ความรู้พื้นฐาน/แนวคิดวิเคราะห์ผลลัพธ์ของเหตุการณ์ใหม่ได้<br>3.2) ความรู้ที่ใช้วิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อน (Misconception) บางส่วน | 3.1) ไม่สามารถใช้ความรู้พื้นฐาน/แนวคิดวิเคราะห์ผลลัพธ์ของเหตุการณ์ใหม่ได้<br>3.2) ความรู้ที่ใช้วิเคราะห์ขาดความสมเหตุสมผล                      |
| 4) ความสามารถในการให้เหตุผล                              | 4.1) สามารถให้คำอธิบายของความคิดในการยืนยันความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์<br>4.2) เหตุผลที่ให้มีแนวคิดทฤษฎี หรือแสดงตัวอย่างยืนยันได้ถูกต้อง | 4.1) สามารถให้คำอธิบายของความคิดในการยืนยันความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์<br>4.2) เหตุผลที่ให้มีแนวคิดทฤษฎี หรือแสดงตัวอย่างยืนยันได้ถูกต้อง   | 4.1) ให้คำอธิบายด้วยข้อคิดเห็นส่วนตัวในการยืนยันความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์<br>4.2) เหตุผลที่ให้เป็นแนวคิด/ความเชื่อที่ไม่มีอยู่จริงทางคณิตศาสตร์ |
| 5) ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์                          | 5.1) คำตอบที่ได้มีความหลากหลายและถูกต้อง<br>5.2) คำตอบมีความแปลกใหม่                                                                   | 5.1) คำตอบที่ได้มีความหลากหลายและถูกต้อง<br>5.2) คำตอบไม่มีความแปลกใหม่                                                                  | 5.1) คำตอบที่ได้ไม่หลากหลายและถูกต้อง<br>5.2) คำตอบไม่มีความแปลกใหม่                                                                           |

หมายเหตุ กรณีไม่เขียนหรือเขียนแสดงแนวคิดไม่เกี่ยวข้องให้ 0 คะแนน

## 2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบอิงเกณฑ์วัดทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีดังนี้

2.1) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบตอนที่ 1 ปรากฏว่า (1) ค่าความยาก (Difficulty) ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.70 (2) อำนาจจำแนก (Discrimination power) โดยสูตรของเบรนนัน (Brennan) ด้วย Discrimination Index B ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.86 และ (3) ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ตามวิธีของโลเวตต์ (Lovett method) เท่ากับ 0.89

2.2) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบตอนที่ 2 ผลปรากฏว่า (1) ค่าความยาก (Difficulty) ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 (2) อำนาจจำแนก (Discrimination power) โดยสูตรของเบรนนัน (Brennan) ด้วย Discrimination Index B ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.83 และ (3) ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ตามวิธีของโลเวตต์ (Lovett method) เท่ากับ 0.80

2.3) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบตอนที่ 3 ผลปรากฏว่า (1) ค่าความยาก (Difficulty) โดยสูตรของวินีและซาเบอร์ส ได้ค่าเท่ากับ 0.50 (2) อำนาจจำแนก (Discrimination power) โดยสูตรของวินีและซาเบอร์ส ได้ค่าเท่ากับ 0.53 และ (3) ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - Coefficient) ของครอนบาค ได้ค่าเท่ากับ 0.82

2.4) ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ รวมทั้ง 3 ตอน พบว่า ผลการทดสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ทั้งฉบับโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - Coefficient) ของครอนบาค ได้ค่าเท่ากับ 0.86 โดยผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) ปรากฏว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของแบบทดสอบทั้ง 3 ตอน อยู่ระหว่าง 0.16 - 0.48 โดยค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดทั้งฉบับ เท่ากับ 0.23 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM)

| แบบทดสอบ                                               | ค่าความเชื่อมั่น | SD   | SEM  |
|--------------------------------------------------------|------------------|------|------|
| ตอนที่ 1 วัดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับองค์ความรู้ด้านจำนวน | 0.89             | 0.49 | 0.16 |
| ตอนที่ 2 วัดทักษะการคิดคำนวณ                           | 0.80             | 0.50 | 0.22 |
| ตอนที่ 3 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการคิดคำนวณ    | 0.82             | 1.13 | 0.48 |
| รวมทั้งฉบับ                                            | 0.86             | 0.62 | 0.23 |

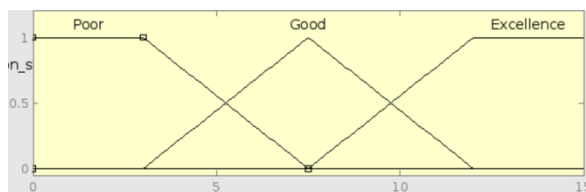
## 3. วิเคราะห์จำแนกกลุ่มระดับทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ

การจำแนกกลุ่มระดับทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือใช้หลักการคำนวณของวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ 4 ขั้นตอน โดยใช้โปรแกรม MATLAB รายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นตอนการกำหนดค่าความเป็นสมาชิก (Membership Function) กำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกกับตัวแปรนำเข้า (Input) ได้แก่ ความคิดรวบยอดด้านการคิดคำนวณ ทักษะการคิดคำนวณ

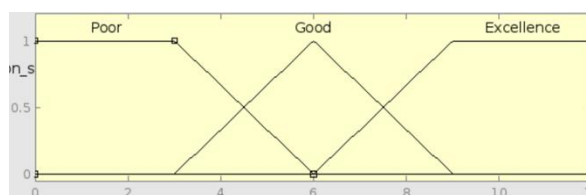
และทักษะกระบวนการด้านการคิดคำนวณ ตัวแปรส่งออก (Output) ได้แก่ ทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยจำแนกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ดีเยี่ยม (Excellence) ดี (Good) และอ่อน (Poor) ซึ่งกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกดังนี้

1) ความคิดรวบยอดด้านการคิดคำนวณ กำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของกลุ่มดีเยี่ยม (Excellence) คือ Trapezoidal ( $x: 7.5, 12, 15, 15$ ) กลุ่มดี (Good) คือ Triangular ( $x: 3, 7.5, 12$ ) และกลุ่มอ่อน (Poor) คือ Trapezoidal ( $x: 0, 0, 3, 7.5$ ) ดังภาพที่ 1



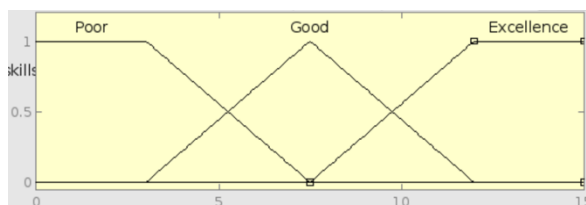
ภาพที่ 1 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความคิดรวบยอดด้านการคิดคำนวณ

2) ทักษะการคิดคำนวณ กำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของกลุ่มดีเยี่ยม (Excellence) คือ Trapezoidal ( $x: 6, 9, 12, 12$ ) กลุ่มดี (Good) คือ Triangular ( $x: 3, 6, 9$ ) และกลุ่มอ่อน (Poor) คือ Trapezoidal ( $x: 0, 0, 3, 6$ ) ดังภาพที่ 2



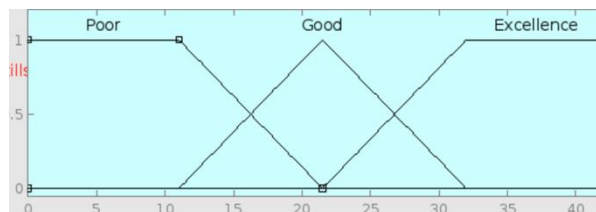
ภาพที่ 2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกทักษะการคิดคำนวณ

3) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการคิดคำนวณ กำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของกลุ่มดีเยี่ยม (Excellence) คือ Trapezoidal ( $x: 7.5, 12, 15, 15$ ) กลุ่มดี (Good) คือ Triangular ( $x: 3, 7.5, 12$ ) และกลุ่มอ่อน (Poor) คือ Trapezoidal ( $x: 0, 0, 3, 7.5$ ) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกทักษะกระบวนการด้านการคิดคำนวณ

4) ทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ กำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของกลุ่มดีเยี่ยม (Excellence) คือ Trapezoidal (x: 21.5, 32, 42, 42) กลุ่มดี (Good) คือ Triangular (x: 11, 21.5, 32) และ กลุ่มอ่อน (Poor) คือ Trapezoidal (x: 0, 0, 11, 21.5) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 2 ขั้นตอนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนำเข้าและส่งออก (Inference) เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนำเข้าและตัวแปรส่งออกของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือที่ออกแบบไว้ด้วยการทำฐานกฎ (Rule base) ในรูปแบบ ถ้า (if) และ (and) หรือ (or) จากนั้น (then) และเก็บไว้ในฐานข้อมูล (Database) โดยผู้วิจัยกำหนดฐานกฎ (Rule base) ไว้ 27 รูปแบบ ดังตารางที่ 3

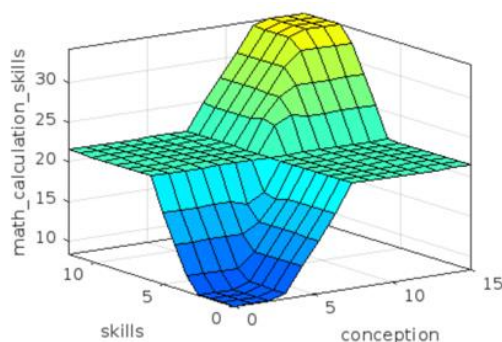
ตารางที่ 3 การกำหนดฐานกฎ (Rule base)

| ที่ | กฎของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ                                                                 |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | If input 1 (Poor) and input 2 (Poor) and input 3 (Poor) then output (Poor)                   |
| 2   | If input 1 (Poor) and input 2 (Poor) and input 3 (Good) then output (Poor)                   |
| 3   | If input 1 (Poor) and input 2 (Poor) and input 3 (Excellence) then output (Poor)             |
| 4   | If input 1 (Poor) and input 2 (Good) and input 3 (Poor) then output (Poor)                   |
| 5   | If input 1 (Poor) and input 2 (Good) and input 3 (Good) then output (Good)                   |
| 6   | If input 1 (Poor) and input 2 (Good) and input 3 (Excellence) then output (Good)             |
| 7   | If input 1 (Poor) and input 2 (Excellence) and input 3 (Poor) then output (Poor)             |
| 8   | If input 1 (Poor) and input 2 (Excellence) and input 3 (Good) then output (Good)             |
| 9   | If input 1 (Poor) and input 2 (Excellence) and input 3 (Excellence) then output (Excellence) |
| 10  | If input 1 (Good) and input 2 (Poor) and input 3 (Poor) then output (Poor)                   |
| 11  | If input 1 (Good) and input 2 (Poor) and input 3 (Good) then output (Good)                   |
| 12  | If input 1 (Good) and input 2 (Poor) and input 3 (Excellence) then output (Good)             |
| 13  | If input 1 (Good) and input 2 (Good) and input 3 (Poor) then output (Good)                   |
| 14  | If input 1 (Good) and input 2 (Good) and input 3 (Good) then output (Good)                   |
| 15  | If input 1 (Good) and input 2 (Good) and input 3 (Excellence) then output (Good)             |
| 16  | If input 1 (Good) and input 2 (Excellence) and input 3 (Poor) then output (Good)             |
| 17  | If input 1 (Good) and input 2 (Excellence) and input 3 (Good) then output (Good)             |
| 18  | If input 1 (Good) and input 2 (Excellence) and input 3 (Excellence) then output (Excellence) |

| ที่ | กฎของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ                                                                       |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19  | If input 1 (Excellence) and input 2 (Poor) and input 3 (Poor) then output (Poor)                   |
| 20  | If input 1 (Excellence) and input 2 (Poor) and input 3 (Good) then output (Good)                   |
| 21  | If input 1 (Excellence) and input 2 (Poor) and input 3 (Excellence) then output (Excellence)       |
| 22  | If input 1 (Excellence) and input 2 (Good) and input 3 (Poor) then output (Good)                   |
| 23  | If input 1 (Excellence) and input 2 (Good) and input 3 (Good) then output (Good)                   |
| 24  | If input 1 (Excellence) and input 2 (Good) and input 3 (Excellence) then output (Excellence)       |
| 25  | If input 1 (Excellence) and input 2 (Excellence) and input 3 (Poor) then output (Excellence)       |
| 26  | If input 1 (Excellence) and input 2 (Excellence) and input 3 (Good) then output (Excellence)       |
| 27  | If input 1 (Excellence) and input 2 (Excellence) and input 3 (Excellence) then output (Excellence) |

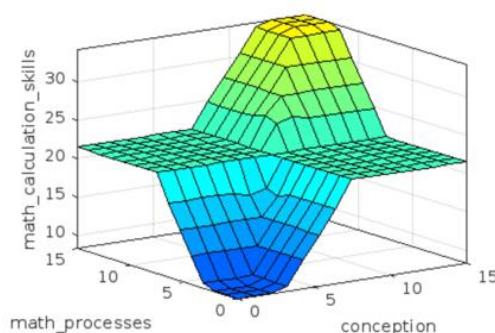
ขั้นที่ 3 ขั้นตอนการตัดสินใจเลือกการกระทำตามตัวแปรส่งออก (Fuzzification) เป็นการตัดสินใจเลือกการกระทำตามตัวแปรที่ถูกส่งออกของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือที่ได้ออกแบบไว้ โดยการเปรียบเทียบกับฐานกฎของระบบ ลักษณะการจำแนกกลุ่มระหว่างตัวแปรเป็นดังนี้

- 1) แผนภาพแสดงลักษณะการจำแนกระหว่างความถี่รวบยอดกับทักษะการคิดคำนวณ ดังภาพที่ 5



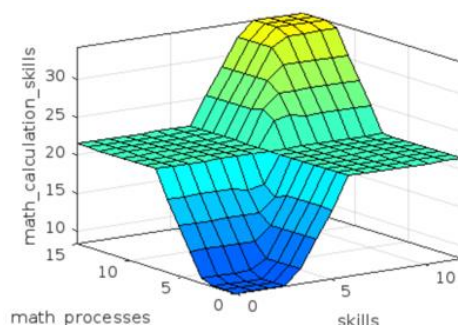
ภาพที่ 5 ลักษณะการจำแนกระหว่างความถี่รวบยอดกับทักษะการคิดคำนวณ

- 2) แผนภาพแสดงลักษณะการจำแนกระหว่างความถี่รวบยอดกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการคิดคำนวณ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ลักษณะการจำแนกระหว่างความถี่รวบยอดกับทักษะกระบวนการด้านการคิดคำนวณ

3) แผนภาพแสดงลักษณะการจำแนกระหว่างทักษะการคิดคำนวณกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ลักษณะการจำแนกระหว่างทักษะการคิดคำนวณกับทักษะกระบวนการด้านการคิดคำนวณ

ขั้นที่ 4 ขั้นตอนการคำนวณแปลงค่าตัวแปรส่งออก (Defuzzification) เป็นการแปลงค่าเพื่อแปลผล โดยใช้วิธีการแปลงค่าฟัซซี (Fuzzy) เป็นค่าปกติ ผลพบว่า นักเรียนกลุ่มดีเยี่ยม จำนวน 6 คน (20%) กลุ่มดี จำนวน 13 คน (43.33%) และกลุ่มอ่อน จำนวน 11 คน (36.67%) ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แปลผลคะแนนตามวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ

| คนที่ | ความคิดรวบยอด | ทักษะการ<br>คิดคำนวณ | กระบวนการทาง<br>คณิตศาสตร์ | รวม | แปลงค่าฟัซซี | แปลผล      |
|-------|---------------|----------------------|----------------------------|-----|--------------|------------|
| 1     | 2             | 0                    | 0                          | 2   | 8.3          | Poor       |
| 2     | 2             | 1                    | 0                          | 3   | 8.3          | Poor       |
| 3     | 4             | 1                    | 0                          | 5   | 8.76         | Poor       |
| 4     | 2             | 5                    | 0                          | 7   | 9.01         | Poor       |
| 5     | 4             | 1                    | 1                          | 6   | 8.76         | Poor       |
| 6     | 5             | 2                    | 0                          | 7   | 9.26         | Poor       |
| 7     | 11            | 7                    | 1                          | 19  | 25.9         | Good       |
| 8     | 9             | 8                    | 7                          | 24  | 25.9         | Good       |
| 9     | 10            | 10                   | 4                          | 24  | 28.5         | Excellence |
| 10    | 5             | 9                    | 6                          | 20  | 16.4         | Good       |
| 11    | 5             | 10                   | 10                         | 25  | 28.5         | Excellence |
| 12    | 7             | 7                    | 1                          | 15  | 19.6         | Good       |
| 13    | 9             | 6                    | 7                          | 22  | 21.5         | Good       |
| 14    | 6             | 8                    | 11                         | 25  | 29.9         | Excellence |
| 15    | 6             | 5                    | 10                         | 21  | 16.4         | Good       |
| 16    | 11            | 7                    | 8                          | 26  | 25.9         | Good       |
| 17    | 6             | 2                    | 4                          | 12  | 11.7         | Poor       |
| 18    | 6             | 3                    | 5                          | 16  | 13.9         | Poor       |

| คนที่     | ความคิดรวบยอด | ทักษะการ<br>คิดคำนวณ | กระบวนการทาง<br>คณิตศาสตร์ | รวม   | แปลงค่าฟิชซี | แปลผล      |
|-----------|---------------|----------------------|----------------------------|-------|--------------|------------|
| 19        | 3             | 4                    | 2                          | 9     | 9.01         | Poor       |
| 20        | 6             | 6                    | 1                          | 13    | 16.7         | Good       |
| 21        | 12            | 11                   | 15                         | 38    | 34.2         | Excellence |
| 22        | 5             | 3                    | 6                          | 14    | 13.9         | Poor       |
| 23        | 8             | 6                    | 13                         | 27    | 23.1         | Good       |
| 24        | 5             | 0                    | 5                          | 10    | 13.9         | Poor       |
| 25        | 12            | 10                   | 15                         | 37    | 34.2         | Excellence |
| 26        | 7             | 4                    | 10                         | 21    | 19.4         | Good       |
| 27        | 11            | 10                   | 15                         | 36    | 33.7         | Excellence |
| 28        | 5             | 6                    | 9                          | 20    | 21.5         | Good       |
| 29        | 7             | 8                    | 9                          | 24    | 25.9         | Good       |
| 30        | 6             | 1                    | 6                          | 13    | 16.7         | Good       |
| เฉลี่ยรวม | 6.57          | 5.37                 | 6.03                       | 18.03 | 18.1         | Good       |
| แปลผล     | Good          | Good                 | Good                       |       |              |            |

## อภิปรายผล

จากผลการวิจัยข้างต้นมีประเด็นและข้อค้นพบที่สำคัญในการนำมาอภิปราย ดังนี้

1) การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสังเคราะห์องค์ประกอบเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความคิดรวบยอดด้านการคิดคำนวณ (2) ทักษะการคิดคำนวณ และ (3) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการคิดคำนวณ จากผลการทดสอบจะเห็นว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านความคิดรวบยอดด้านการคิดคำนวณมากที่สุด ( $\bar{x} = 6.57$ ) และทักษะการคิดคำนวณน้อยที่สุด ( $\bar{x} = 5.37$ ) แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะนั้นต้องใช้ความพยายามอย่างมาก เนื่องจากในการคิดคำนวณผลลัพธ์นอกจากจะต้องมีความคิดรวบยอดด้านจำนวนและวิธีการคำนวณแล้ว จะต้องมีความสามารถในการนำความรู้ความเข้าใจดังกล่าวมาใช้อย่างเหมาะสมต่อปัญหาอย่างเป็นธรรมชาติอีกด้วย ซึ่งการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะดังกล่าวครูผู้สอนจะต้องให้นักเรียนปฏิบัติซ้ำ ๆ โดยใช้สื่อหรือสถานการณ์ที่หลากหลาย ดังที่ ชนิดา รื่นรัมย์ (2564) กล่าวว่า การให้นักเรียนได้ฝึกฝนทำซ้ำ ๆ เป็นขั้นตอน การเรียนโดยใช้สื่อที่หลากหลาย และการให้นักเรียนได้ฝึกใช้ความคิดเชิงคณิตศาสตร์จากการศึกษาตัวอย่างในการฝึกมาก ๆ และสม่ำเสมอของนักเรียนจะทำให้นักเรียนเข้าใจวิธีการคิดคำนวณและดำเนินการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้

2) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ พบว่า แบบทดสอบทั้งฉบับมีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ได้ โดยมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.86 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด เท่ากับ 0.23 ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความน่าเชื่อถือในการนำไปปฏิบัติ

ใช้งานได้จริงในบริบทอย่างเหมาะสม สอดคล้องกับ ฌักทริธา พิตวงษ์ เสนอ ภริมจิตรผ่อง และนันทวัน ทองพิทักษ์ (2560) ได้พัฒนาแบบทดสอบอิงเกณฑ์วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของแบบทดสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.31 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนก 0.20 - 0.79 ค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.78 - 0.93

3) การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มโดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ พบว่า แม้คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไม่ถึงร้อยละ 50 แต่ผลการจำแนกปรากฏว่าอยู่ในระดับดี ทั้งนี้เนื่องจากในการแปลผลโดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือจะพิจารณาที่ระดับความเป็นสมาชิก จากนั้นเทียบกับฐานกฎ (Rule base) ซึ่งการแปลผลจะต่างออกไปจากการกำหนดให้นักเรียนผ่านที่ร้อยละ 50 หรือเกณฑ์อื่น ๆ อันเป็นการมองแบบทฤษฎีเซตดั้งเดิม กล่าวคือค่าของการเป็นสมาชิกของกลุ่มนักเรียนที่ผ่านมีเพียงแค่ 0 และ 1 เมื่อ 1 คือนักเรียนที่มีคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดให้ผ่าน ในขณะที่นักเรียนที่ขาดเพียงไม่กี่คะแนนจะถูกมองว่าเป็นกลุ่มที่สอบตกทันที ซึ่งวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือมีความยืดหยุ่นในการจำแนกกลุ่ม เนื่องจากมีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของเซตโดยอยู่ในช่วงระหว่าง  $[0,1]$  จากผลการวิเคราะห์จึงสรุปได้ว่าแม้คะแนนของนักเรียนจะไม่ถึงร้อยละ 50 แต่ระดับของคะแนนมีความเข้มข้นในกลุ่มเซตของกลุ่มดีมากว่าเซตของกลุ่มอ่อนจึงทำให้แปลผลออกมาว่าดี ซึ่งทำให้การนำวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือมาจำแนกกลุ่มนักเรียนจะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนมากกว่า สอดคล้องกับ สุวรรณิ ธูปัจฉิน และมณฑิยา รัตนศิริวงศ์วุฒิ (2560) ที่พบว่าเมื่อเปรียบเทียบวิธีแบบเซตวิภาษนัย (Fuzzy set) กับวิธีแบบอิงเกณฑ์และวิธีแบบอิงกลุ่ม ปรากฏว่า การประเมินผลแบบเซตวิภาษนัยยอมให้มีความยืดหยุ่นตามระดับของช่วงเกณฑ์คะแนนที่เกิดจากการสอบวัดความรู้ความสามารถของผู้เรียนจึงทำให้ผลประเมินที่ได้สูงกว่าเกณฑ์ อย่างไรก็ตาม การกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานยังมีข้อจำกัดซึ่งอาจจะต้องใช้ข้อมูลย้อนหลังที่ได้ทำการประเมินในวิชานั้น ๆ มาช่วยในการกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซต นอกจากนี้ ยังมีข้อสังเกตเพิ่มเติมอีกว่า แม้นักเรียนจะมีคะแนนรวมที่เท่ากัน แต่หากผลการพิจารณาในทักษะย่อยแตกต่างกันอาจส่งผลให้ถูกจำแนกเป็นกลุ่มที่ต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการจำแนกกลุ่มโดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือจะขึ้นอยู่กับฐานกฎ (Rule base) ที่กำหนดขึ้น เช่น นักเรียน ก ได้คะแนนความคิดรวบยอด 9 คะแนน คะแนนทักษะการคิดคำนวณ 8 คะแนน คะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 7 คะแนน ในขณะที่นักเรียน ข ได้คะแนนความคิดรวบยอด 10 คะแนน คะแนนทักษะการคิดคำนวณ 10 คะแนน คะแนนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 4 คะแนน จะเห็นว่า คะแนนรวมของนักเรียนทั้งสองเท่ากัน คือ 24 คะแนน แต่การแปลผลจะพบว่า นักเรียน ก จัดอยู่ในกลุ่มดี ในขณะที่นักเรียน ข จัดอยู่ในกลุ่มดีเยี่ยม เพราะนักเรียน ข มีผลการประเมินอย่างน้อยสองด้านที่อยู่ในระดับดีเยี่ยม ในขณะที่นักเรียน ก มีผลการประเมินอย่างน้อยสองด้านที่อยู่ในระดับดี จึงทำให้เห็นว่า วิธีการแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือจะพิจารณาโดยให้ความสำคัญกับองค์ประกอบย่อยร่วมด้วยไม่ได้พิจารณาเพียงแต่คะแนนรวมคุณลักษณะปลายทางอย่างเดียว

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1) จากผลการวิเคราะห์พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดคำนวณน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่า ในการออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะด้านการคำนวณ ครูผู้สอนจะต้องให้ความสำคัญกับทักษะการคิดคำนวณ เพราะเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนทำได้น้อยที่สุด ซึ่งหากนักเรียนมีความคิดรวบยอดกับทักษะการคิดคำนวณที่ดีจะส่งผลให้มีกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่ดีไปด้วย

2) จากข้อสังเกตตารางที่ 4 จะเห็นว่า การแปลผลระดับความสามารถไม่ได้ขึ้นอยู่กับคะแนนรวม เนื่องจากการแปลผลขึ้นอยู่กับฐานกฎ (Rule base) ที่ถูกกำหนดขึ้น ดังนั้น ในการแจ้งคะแนนแก่ผู้เข้ารับการทดสอบจึงควรแจ้งเป็นคะแนนรายด้านพร้อมระดับการแปลผลมากกว่าการแจ้งผลรวมคะแนนจะเป็นการเหมาะสมกว่า

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มโดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือให้ผลการจำแนกที่มีความยืดหยุ่นจึงควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มที่ถูกจำแนกโดยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ปลายทางหรือวิธีการจำแนกกลุ่มด้วยเกณฑ์ต่าง ๆ ว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

ชนิดา รื่นรัมย์. (2564). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้ชุดฝึกเสริมทักษะการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็มสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา]. buuir.

<https://buuir.buu.ac.th/bitstream/1234567890/10170/1/59920023.pdf>

ณภัทธีรา พิศวงษ์ เสนอ ภิรมจิตร์ผ่อง และนันทวัน ทองพิทักษ์. (2560). การพัฒนาแบบทดสอบอิงเกณฑ์วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบจำนวนเต็มสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิจัยและประเมินผลอุบลราชธานี*, 6(2), 61-70.

สุวรรณี ฐูปจัน และมณฑิยา รัตนศิริวงศ์วุฒิ. (2560). การตัดเกรดแบบวิธีการพีชคณิตสำหรับการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 25(3), 388-400.

อัศรพล พรหมตรุษ และอุเทน ปุ่มสันเทียะ. (2562). มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 47(4), 539 –561.

อัญธิกา ทรงมีสิงหสกุล. (2562). ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการให้เหตุผล เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 .[วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม]. rmu.

<https://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2562/M127441/Songmeesinghasakul%20Antika.pdf>

## ภาษาอังกฤษ

Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: A longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79(2), 192-227.

<https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2586>

Jonathan, K. (1990). Physics and the queen of mathematics. *Physics World*, 3(4), 46-50.

<https://doi.org/10.1088/2058-7058/3/4/28>

Powell, S. R., & Hebert, M. A. (2016). Influence of writing ability and computation skill on mathematics writing. *The elementary school journal*, 117(2), 310-335.

<https://doi.org/10.1086/688887>

Siegler, R. S. (1988). Strategy choice procedures and the development of multiplication skill. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117(3), 258-275.

<https://doi.org/10.1037/0096-3445.117.3.258>

Wilkinson, G. S., & Robertson, G. J. (2006). Wide Range Achievement Test-Fourth edition. *Rehabilitation Counseling Bulletin*, 52(1), 57-60.

<https://doi.org/10.1177/0034355208320076>

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.

[https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)