



การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล
ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล
ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล
ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3”

ของ ปราณี แก้วมา

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.จตุภูมิ เขตจตุรัส)

.....ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.น้ำทิพย์ ่องอาจวานิชย์)

.....กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สำราญ มีแจ้ง)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษยากาญจน์ โตพิทักษ์)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ผู้วิจัย	ปราณี แก้วมา
ประธานที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.น้ำทิพย์ ่องอาจวานิชย์
กรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สำราญ มีแจ้ง
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ ปร.ด. นวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2568
คำสำคัญ	ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์, แพลตฟอร์ม, การให้ข้อมูลย้อนกลับ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) ศึกษาผลการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 3) ศึกษาคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก จังหวัดตาก ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน จำนวน 460 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบที่ได้มีคุณภาพในด้านความตรงเชิงเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน มีค่า IOC .60 ถึง 1.00 และแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ มิติความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ มิติเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา และมิติสถานการณ์และบริบท โมเดลการวัดมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ($\chi^2 = 398.451$, $df = 405$, $p - value = 0.582$, $RMSEA = 0.000$, $CFI = 1.000$ $TLI = 1.017$, และ $SRMR = 0.037$) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor loading) ระหว่างองค์ประกอบหลักกับตัวบ่งชี้มีค่าตั้งแต่ 0.059 ถึง 0.185 และมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า แสดงว่า โมเดลการวัดมีความตรงเชิงโครงสร้าง แบบวัดที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพดี ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม IRTPRO แบบทดสอบและการคัดเลือกแบบทดสอบผ่านการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)

แบบ 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) 0.513 ถึง 5.782 ข้อสอบส่วนใหญ่มีอำนาจจำแนกปานกลาง ค่าความยากของข้อสอบ (b) ตั้งแต่ -1.772 ถึง 2.050 มีค่าเฉลี่ยกระจายระหว่าง -2 ถึง 2 มีความหลากหลายค่อนข้างมาก มีข้อสอบที่มีความยากแตกต่างกันชัดเจน และค่าการเดาของข้อสอบ (c) มีค่าตั้งแต่ 0.000 ถึง 0.189 มีค่าเฉลี่ย ประมาณ 0.05-0.10 ส่วนใหญ่มีค่าการเดาต่ำมาก ได้ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 30 ข้อ และมีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.892 และมีค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ ส่วนใหญ่มีค่าสารสนเทศสูง ณ ระดับความสามารถปานกลาง ผลการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล พบว่า นักเรียนมีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 42.17) โดยมีคะแนนระดับปานกลางในด้านการคิดแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการตีความผลลัพธ์ ระดับน้อยในด้านการใช้หลักการและเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.72 และ 4.53 ตามลำดับ) และพบว่านักเรียนมีคะแนนพัฒนาการของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ตั้งแต่ 11.11 - 62.07 โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการเท่ากับ 28.57 (มีพัฒนาการในระดับปานกลาง)



Title	THE DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL LITERACY TEST VIA A DIGITAL PLATFORM WITH FEEDBACK FOR GRADE 9 STUDENTS
Author	Pranee Kaewma
Advisor	Associate Professor Namthip Ongardwanich, Ph.D
Co-Advisor	Associate Professor Samran Mejang, Ph.D
Academic Paper	Ph.D. Dissertation in Innovation of Learning Measurement - (Type 2.1), Naresuan University, 2025
Keywords	Mathematical Literacy, Digital Platform, Feedback

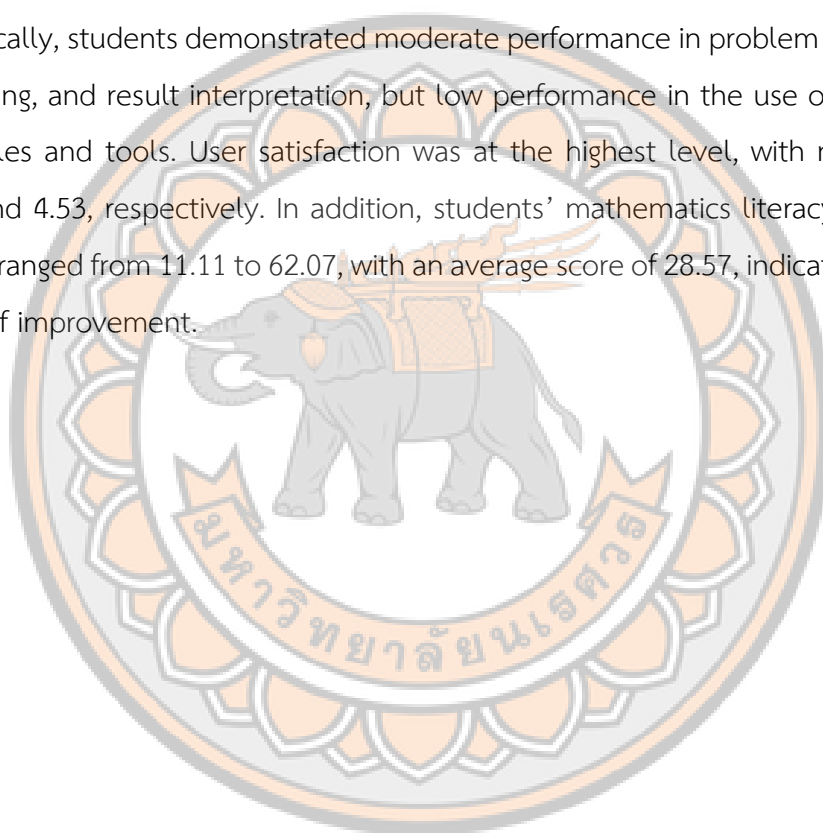
ABSTRACT

The objectives of this research were: (1) to develop a mathematics literacy test via a Digital Platform with feedback for Grade 9 students; (2) to examine the effects of using the mathematics literacy test via a Digital Platform with feedback for Grade 9 students; and (3) to investigate the mathematics literacy development scores after using the mathematics literacy test via a digital platform with feedback for Grade 9 students. The sample consisted of 460 Grade 9 students under the Tak Secondary Educational Service Area Office, Tak Province, obtained through multi-stage random sampling. The research instrument was a mathematics literacy test administered via a digital platform with feedback for Grade 9 students.

The results revealed that the test demonstrated content validity, as evaluated by five experts, with an IOC ranging from 0.60 to 1.00. The mathematics literacy test comprised three main components: mathematics literacy dimensions, mathematical content used for problem-solving, and situational and contextual dimensions. The measurement model was consistent with empirical data ($\chi^2 = 398.451$, $df = 405$, $p\text{-value} = 0.582$, $RMSEA = 0.000$, $CFI = 1.000$, $TLI = 1.017$, $SRMR = 0.037$). The factor loadings between main components and indicators ranged from 0.059 to 0.185, all statistically significant, indicating construct validity. The developed instrument demonstrated high quality. Data analysis employed the Item Response Theory (IRT) three-parameter model, including item discrimination (a) ranging from 0.513 to 5.782

(mostly moderate), item difficulty (b) from -1.772 to 2.050 (mean distribution between -2 and 2 , indicating high variability), and guessing parameter (c) from 0.000 to 0.189 (average approximately 0.05 – 0.1 , mostly low). Thirty items were selected for the final test, with overall reliability of 0.892 . The test information function showed high information at moderate ability levels.

The results of using the mathematics literacy test via the digital platform revealed that students' overall mathematics literacy was at a moderate level (42.17%). Specifically, students demonstrated moderate performance in problem transformation, reasoning, and result interpretation, but low performance in the use of mathematical principles and tools. User satisfaction was at the highest level, with mean scores of 4.72 and 4.53 , respectively. In addition, students' mathematics literacy development scores ranged from 11.11 to 62.07 , with an average score of 28.57 , indicating a moderate level of improvement.



ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.น้ำทิพย์ ่องอาจวานิชย์ รองศาสตราจารย์ ดร.สำราญ มีแจ้ง อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ที่เสียสละเวลาให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้วิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำ ในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี มาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จตุภูมิ เขตจัตุรัส ประธานคณะกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษยาภาณุจันทร์ โต้พิทักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะแนวในการพัฒนา กระบวนการทำงาน พร้อมทั้งแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้ มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคณาจารย์ สาขาวิชานวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ทุกท่าน ที่กรุณาให้ความรู้ และคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้วิจัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาวีพร ปานทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมคาย พันธุ์เพ็ง ดร.อภิชัย นุชเนื่อง ดร.ชัยรัตน์ ถาวรงามยิ่งสกุล ที่กรุณา เป็นผู้เชี่ยวชาญที่ช่วยตรวจเครื่องมือการวิจัย ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนในสังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ตาก คณะครูและนักเรียนที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวม ข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาเอก สาขาวิชานวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ และให้ความสะดวกในการประสานงานเอกสารต่าง ๆ ตลอดจนมีส่วนช่วยทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยเฉพาะครอบครัวแก้วมา ที่ส่งเสริมสนับสนุนและคอยให้กำลังใจตลอดมา และขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่ช่วยเหลือ และให้กำลังใจมาโดยตลอด คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชา พระคุณบิดา มารดา บุพการี และบูรพาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	ผิดพลาด! ไม่ได้กำหนดบุ๊กมาร์ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ซ
ประกาศคุณูปการ	ผิดพลาด! ไม่ได้กำหนดบุ๊กมาร์ก
สารบัญ	ผิดพลาด! ไม่ได้กำหนดบุ๊กมาร์ก
สารบัญตาราง	ผิดพลาด! ไม่ได้กำหนดบุ๊กมาร์ก
สารบัญภาพ.....	ผิดพลาด! ไม่ได้กำหนดบุ๊กมาร์ก
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
คำถามของการวิจัย	12
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	12
ประโยชน์ของการวิจัย	12
กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	13
ขอบเขตการวิจัย.....	14
นิยามศัพท์เฉพาะ	14
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy)	19
แนวทางในการพัฒนาและประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Competencies).....	31
กรอบการประเมินคณิตศาสตร์ของ PISA.....	32
องค์ประกอบของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง สสวท. ที่ทำให้เกิดความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ OECD (2023).....	35
มโนทัศน์เกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ.....	68
E-Testing	93
แอปพลิเคชัน.....	99
ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory)	101

มโนทัศน์เกี่ยวกับการพัฒนาการ	135
การหาคุณภาพของแบบทดสอบ	144
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	155
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	207
ระยะที่ 1 การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	209
ระยะที่ 2 การศึกษาผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	226
ระยะที่ 3 การศึกษาคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	230
บทที่ 4 ผลการวิจัย	232
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	232
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	233
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	233
บทที่ 5 บทสรุป	263
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	263
สรุปผล	264
อภิปรายผลการวิจัย	267
สรุปผลการอภิปราย	273
ข้อเสนอแนะ	274
บรรณานุกรม	275
ภาคผนวก	298
ประวัติผู้วิจัย	349

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 สรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ (ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์)	49
ตาราง 2 สรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ (ผลการประเมิน PISA 2012 การอ่านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์)	52
ตาราง 3 สรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ (ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา)	55
ตาราง 4 สรุปลักษณะของความสามารถทางคณิตศาสตร์ 6 ระดับ ใน PISA 2018	57
ตาราง 5 สรุปลักษณะของความสามารถทางคณิตศาสตร์ 6 ระดับ ใน PISA 2022	59
ตาราง 6 องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา	62
ตาราง 7 แสดงสรุปเกณฑ์ลักษณะของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ 5 ระดับ	66
ตาราง 8 การแปลความหมายของค่าความยาก (P) ของข้อสอบ	148
ตาราง 9 สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลย้อนกลับออนไลน์	172
ตาราง 10 สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์	185
ตาราง 11 สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคะแนนพัฒนาการ	192
ตาราง 12 สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ	204
ตาราง 13 ผังข้อสอบในการกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 40 ข้อ	210
ตาราง 14 ตารางวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ข้อสอบจำนวน 40 ข้อ	211
ตาราง 15 ตารางวิเคราะห์แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผ่านตามเกณฑ์คุณภาพ จำนวน 30 ข้อ	215
ตาราง 16 สรุปเกณฑ์ลักษณะของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ 5 ระดับ ที่ให้ข้อมูลย้อนกลับ	224

ตาราง 17 จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำแนกตามขนาดของโรงเรียน 228	
ตาราง 18 เกณฑ์เทียบระดับคะแนนพัฒนาการ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552).....	231
ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบค่าพารามิเตอร์ (a, b และ c) ของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ.....	234
ตาราง 20 ผลการตรวจสอบค่าความเที่ยงของแบบทดสอบตามหลักทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์	236
ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์	242
ตาราง 22 ผลการประเมินความเหมาะสมของแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญ	254
ตาราง 23 ผลการประเมินความพึงพอใจของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้ใช้งาน	255
ตาราง 24 ผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 460 คน	256
ตาราง 25 แสดงค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 460 คน	257
ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน ของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ที่ได้ทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (Pretest - Posttest).....	258
ตาราง 27 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียน.....	260
ตาราง 28 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ได้ทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จำแนกตามระดับพัฒนาการ.....	262

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย.....	13
ภาพ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์ บริบทและทักษะในการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ PISA 2021	24
ภาพ 3 ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21	30
ภาพ 4 การประเมินคณิตศาสตร์ของ PISA 2021 มี 3 องค์ประกอบหลัก	31
ภาพ 5 Web Page and PHP Functionality.....	97
ภาพ 6 โมเดลการทดสอบแบบดั้งเดิม	102
ภาพ 7 โมเดลการตอบสนองข้อสอบ	103
ภาพ 8 โค้งลักษณะข้อสอบของโมเดลโลจิสแบบหนึ่งพารามิเตอร์หรือราส์ชโมเดล	109
ภาพ 9 โค้งลักษณะข้อสอบของโมเดลโลจิสแบบสองพารามิเตอร์.....	110
ภาพ 10 โค้งลักษณะข้อสอบของโมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์	112
ภาพ 11 โค้งลักษณะปฏิบัติการของข้อคำถามที่มีตัวเลือกรายการคำตอบ 5 รายการ.....	120
ภาพ 12 โค้งการเลือกรายการคำตอบของข้อคำถามที่มีตัวเลือกรายการคำตอบ 5 รายการ	121
ภาพ 13 ตัวอย่างสารสนเทศของข้อคำถาม 3 ข้อ จากมาตรวัดภาวะซึมเศร้า	131
ภาพ 14 ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อมาตรวัดและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า .	133
ภาพ 15 ขั้นตอนแสดงการวิจัย	208
ภาพ 16 แสดงการสร้างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ด้วยแพลตฟอร์มดิจิทัล PHP	218
ภาพ 17 แสดงขั้นตอนการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัล	219
ภาพ 18 โครงสร้างหน้าจอทั่วไปของแอปพลิเคชันการทดสอบ.....	220
ภาพ 19 โครงสร้างหน้าจอการกรอกข้อมูลเบื้องต้นของผู้สอบ.....	221
ภาพ 20 โครงสร้างหน้าจอการทดสอบ	221

ภาพ 21 โครงสร้างหน้าจอรายงานผลการทดสอบ	221
ภาพ 22 โครงสร้างหน้าจอรายงานผลการจัดการข้อสอบ	222
ภาพ 23 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) ข้อ 1 - 8.....	237
ภาพ 24 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) ข้อ 9 - 16	238
ภาพ 25 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) ข้อ 17 - 24	239
ภาพ 26 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) ข้อ 25 - 30	240
ภาพ 27 โมเดลการวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน.....	241
ภาพ 28 หน้าจอแรกของแบบทดสอบความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อใช้งานโปรแกรมที่เว็บไซต์ https://mtest.chappiecyber.net/index.php	244
ภาพ 29 เอกสารแนวทางการใช้งานแอปพลิเคชัน	245
ภาพ 30 ขั้นตอนการเข้าเว็บไซต์โปรแกรม.....	246
ภาพ 31 ขั้นตอนการสมัครเข้าใช้งาน.....	247
ภาพ 32 ขั้นตอนการเข้าไป Log in เพื่อทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์	248
ภาพ 33 ขั้นตอนการเข้าไปทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์	249
ภาพ 34 นักเรียนเข้าไปทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ	250
ภาพ 35 นักเรียนจะทราบผลคะแนนและผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์.....	251
ภาพ 36 หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์	253

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Disruption) ของโลกศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหลายด้าน ทั้งในมิติทางสังคมและทางเทคโนโลยี นำไปสู่รูปแบบการพัฒนาทุนมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อเตรียมการพัฒนา คุณภาพคนให้สอดคล้องกับความต้องการทักษะ องค์ความรู้ และคุณลักษณะของโลกศตวรรษที่ 21 จากการศึกษาสมรรถนะที่จำเป็นแห่งอนาคตสำหรับคนไทยแต่ละช่วงวัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ช่วงวัยตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ ได้แก่ (1) ช่วงปฐมวัย (2) ช่วงวัยเรียน/วัยรุ่น (3) ช่วงวัยแรงงาน และ (4) ช่วงวัยผู้สูงอายุ สมรรถนะที่จำเป็นแห่งอนาคต 5 อันดับแรกสำหรับคนไทย ช่วงวัยเรียน/วัยรุ่น ได้แก่ (1) ความฉลาดรู้ทางดิจิทัล (Digital Literacy) (2) ความฉลาดรู้ (Literacy) (3) การเป็นผู้เรียนเชิงรุก (Active Learner) (4) การเป็นพลเมืองที่ดี (Civic Literacy) (5) ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) และการคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking) (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2564) เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานตั้งต้น (Baseline) ในปัจจุบัน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมสมรรถนะให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการและความจำเป็นของผู้เรียน จากสถานการณ์ในปัจจุบันการดำเนินชีวิตของคนไทยมีความเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว ซับซ้อนมากขึ้น กระบวนการจัดการศึกษาจึงต้องเกิดผลในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและคุณภาพของพลเมืองให้ก้าวทันต่อความพลิกผันของเหตุการณ์และปัญหา หลักการและวิธีการที่สำคัญประการหนึ่งคือ การสร้างสรรค์ความรู้และทักษะพื้นฐานที่จำเป็นให้เกิดขึ้นแก่ประชาชน ประกอบกับความหมายของความฉลาดรู้ (Literacy) ที่เดิมหมายถึงเพียงการอ่านออก เขียนได้ คิดเลขเป็น แต่ในปัจจุบันความหมายของความฉลาดรู้ (Literacy) ได้เปลี่ยนแปลงไป คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย จึงได้อธิบายความหมายของคำนี้ให้กว้างขึ้น โดยใช้ศัพท์บัญญัติเป็นภาษาไทยว่า “ความฉลาดรู้” เพื่อครอบคลุมถึงการรู้และเข้าใจสาระที่ถูกต้อง ชัดเจน ต่อยอด เกิดความรู้ใหม่ จนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตได้จริง การบัญญัติศัพท์ ความฉลาดรู้ (Literacy) ซึ่งมีความหมายขอบเขตกว้างกว่าการอ่านออก เขียนได้ คิดเลขเป็น จึงมีการทำคำนิยามศัพท์ว่า “ความฉลาดรู้” ประกอบด้วยความรู้ ทักษะ และสมรรถนะ คือ รู้เนื้อหาสาระ ฝึกปฏิบัติจนเข้าใจใช้เป็น นำไปต่อยอดใช้ประโยชน์ได้ในชีวิต (สำนักธรรมศาสตร์

และการเมืองราชบัณฑิตยสภา, 2562) ซึ่งสมรรถนะ คือ หัวใจของความฉลาดรู้ จะเห็นว่า ความฉลาดรู้ครอบคลุมความรู้ในเรื่องนั้น ซึ่งความรู้ในที่นี้อาจหมายรวมถึงทักษะด้วย แต่แม้จะมีความรอบรู้ในเรื่องนั้น ถ้ารู้แล้วไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงก็จะไม่ช่วยให้เกิดความฉลาด แสดงว่าการเรียนเพื่อความฉลาดรู้ จะต้องประกอบด้วยความรู้ส่วนหนึ่งซึ่งหมายรวมถึงทักษะด้วยแล้วก็ต้องประกอบไปด้วยความสามารถในการที่จะนำความรู้มาทำให้เกิดประโยชน์จริง จึงจะเกิดเป็นความฉลาดรู้ แต่เท่านั้นยังไม่พอ จะต้องมีส่วนที่ต้องปฏิบัติประกอบพร้อมกันไปด้วยเสมอ คือ พิจารณาศึกษาเรื่องนั้น ๆ ด้วยความคิดจิตใจตั้งมั่นเป็นปกติด้วยใจที่เป็นกลาง แสดงว่าองค์ประกอบอีกองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญที่จะช่วยทำให้ความฉลาดรู้ขึ้นเกิดขึ้นก็คือ เจตคติ หรือตัว (A = Attitude, Attribute) ของบุคคลคนนั้นที่จะต้องประกอบกันไปด้วยเสมอ เพราะฉะนั้นความฉลาดรู้ (Literacy) ก็จะหมายถึงความรอบรู้ในเรื่องใด เรื่องหนึ่ง และในความรู้รอบรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งนั้นก็จะประกอบด้วย ความรู้ (K = Knowledge) ในเรื่องนั้น ๆ และประกอบไปด้วย (S = Skill) ในเรื่องนั้น ๆ (A = Attitude, Attribute) คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ แต่ถ้ามียังเท่านั้นก็ยังไม่ทำให้เกิดความฉลาดหรือเจริญขึ้นได้เท่านัก เพราะว่าถ้ามี K แต่เอา K ไปใช้การไม่ได้ มี S แต่เอา S ไปใช้การไม่ได้ มี A แต่เอา A ไปใช้การไม่ได้ ใช้ประโยชน์ไม่ได้ ก็จะไม่ทำให้เกิดความฉลาดรู้หรือเจริญขึ้นได้เท่าใดนัก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วความรู้ทั้งหลายทั้งที่เป็น K S A มีส่วนที่สามารถดึงเอามาใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงได้ แต่ก็จะมีส่วนหนึ่งที่เกินไป จากที่เอามาใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตได้จริงเพราะว่าอาจเป็นเรื่องเพื่อการศึกษาวิจัยที่สูงขึ้นไปอีก ส่วนที่เป็นส่วนเชื่อมโยงกับชีวิต เอามาใช้ในชีวิตได้ทั้ง K S A นี้ก็คือส่วนที่เป็นสมรรถนะ (Competency) นั่นเอง เพราะฉะนั้นสมรรถนะ (Competency) จึงเป็นส่วนสำคัญของ ความฉลาดรู้ (Literacy) ถ้าเรียนรู้ ความฉลาดรู้ (Literacy) มากมายแต่ไม่เกิด Competency ในส่วนที่จำเป็นต่อการนำมาใช้ในการดำรงชีวิต จากพระบรมราชาโฆวาท (สำนักธรรมศาสตร์และการเมือง ราชบัณฑิตยสภา, 2562) ความฉลาดรู้ (Literacy) “... การเรียนความรู้ แม้มากมายเพียงใด บางทีก็ไม่ช่วยให้ฉลาดหรือเจริญได้เท่าไรนัก ถ้าหากเรียนไม่ถูกถ้วน ไม่รู้จริงแท้ การศึกษาหาความรู้ จึงสำคัญตรงที่ว่าต้องศึกษาเพื่อให้เกิด ‘ความฉลาดรู้’ คือ รู้แล้วสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง ๆ โดยไม่เป็นพิษหรือเป็นโทษการศึกษาเพื่อความฉลาดรู้มีข้อปฏิบัติที่น่าจะยึดเป็นหลักอย่างน้อยสองประการ ประการแรก เมื่อจะศึกษาสิ่งใดเรื่องใดให้รู้จริงควรจะได้ศึกษาให้ตลอดครบถ้วน ทุกแง่ทุกมุม ไม่ใช่เรียนรู้แต่เพียงส่วนบางส่วนบางตอน หรือเพ่งเล็งเฉพาะบางแง่บางมุม อีกประการหนึ่งซึ่งจะต้องปฏิบัติประกอบพร้อมกันไปด้วยเสมอ คือต้องพิจารณาศึกษาเรื่องนั้น ๆ ด้วยความคิดจิตใจที่ตั้งมั่นเป็นปกติและเที่ยงตรง เป็นกลาง ...” นี่เป็นการวิเคราะห์จากพระบรมราชาโฆวาทแล้ว

เราจะพบว่าสิ่งที่ท่านได้ตรัสไว้ตรงกับความหมายของ Literacy ในระดับสากล (สำนักธรรมศาสตร์และการเมืองราชบัณฑิตยสภา, 2562)

สืบเนื่องจากประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) และเข้าร่วมกิจกรรมองค์การ คือ โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ตั้งแต่ปี 2000 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2015) PISA คืออะไร PISA ย่อมาจาก Programme for International Student Assessment เป็นโปรแกรมการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล ดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา หรือ OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้เยาวชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยสำรวจและประเมินทักษะพื้นฐานของนักเรียนที่อายุ 15 ปี ในหลายประเทศทั่วโลก PISA จะทำการประเมินทุก 3 ปี อย่างต่อเนื่อง เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน หรือ เรียกว่า “ความฉลาดรู้” (Literacy) ใน 3 ด้าน ได้แก่ การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ การประเมินนักเรียนจะวัดทั้ง 3 ด้านดังกล่าวไปพร้อมกัน แต่จะเน้นหนักที่ด้านใดด้านหนึ่ง ในแต่ละรอบการประเมิน ซึ่งความฉลาดรู้ทั้งสามด้านนี้ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต และเป็นสิ่งที่ประชากรจำเป็นต้องมีเพื่อการพัฒนาและการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ สำหรับ PISA 2022 เน้นการประเมินด้านคณิตศาสตร์ โดย PISA มองว่าในปัจจุบันบุคคลที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์จะต้องเป็นบุคคลที่สามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่ซับซ้อนร่วมกับการหาวิธีแก้ปัญหาโดยการคิดหรือแปลงปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ใช้คณิตศาสตร์ และตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ การประเมิน PISA 2022 มีนักเรียนเข้าร่วมการประเมินประมาณ 690,000 คน ซึ่งถือว่าเป็นตัวแทนของนักเรียนอายุ 15 ปี ประมาณ 29 ล้านคนจาก 81 ประเทศ/เขตเศรษฐกิจ สำหรับในประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ทำหน้าที่เป็นศูนย์แห่งชาติ (National Center) ได้ดำเนินการจัดสอบเมื่อเดือนสิงหาคม 2565 ซึ่งมีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการประเมินจาก 279 โรงเรียน ในทุกสังกัดการศึกษา รวม 8,495 คน โดยสอบผ่านคอมพิวเตอร์ (เพชบุ๊คสำนักการศึกษา, 2565)

OECD (2018) กล่าวถึงความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์(Mathematical Literacy) ว่าเป็นความสามารถของแต่ละบุคคลในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และสามารถแปลงปัญหาใช้คณิตศาสตร์และตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทของโลกชีวิตจริง รวมถึงการใช้แนวคิด กระบวนการ ข้อเท็จจริง และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อบรรยาย

อธิบาย และคาดการณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้แต่ละบุคคลทราบถึงบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีต่อโลกนี้และสร้างพื้นฐานที่ดีในการลงข้อสรุปและการตัดสินใจซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องมีความสร้างสรรค์มีการคิดอย่างไตร่ตรอง และมีส่วนร่วมต่อสังคมส่วนรวม นอกจากนี้ยังกล่าวถึงการประเมิน PISA ที่คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตมากขึ้นและการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการเน้นความสามารถในการให้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ การคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน รวมถึงบริบทที่สอดคล้องกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของกรอบการประเมิน

จากทาง TDRI ชี้ ผลสอบ PISA เด็กไทยแย่งลงทุกทักษะ สะท้อนวิกฤตการศึกษาต้องเร่งแก้ปัญหาให้ถูกจุด โดยผลสอบระดับโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล หรือ PISA ประจำปี 2022 ของเด็กไทยที่มีคะแนนสอบต่ำสุดในรอบ 20 ปีในทุกทักษะ ทั้งด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งชี้ว่าผลสอบ PISA ครั้งนี้กำลังสะท้อนสัญญาณเตือนถึงวิกฤตทางการศึกษาของไทยที่ต้องเร่งแก้ปัญหาให้ถูกจุด ภาพรวมผล PISA เด็กไทยในช่วง 10 ปีล่าสุด มีส่วนต่างคะแนน PISA ของเด็กไทย เมื่อเทียบกับกลุ่มประเทศ OECD ห่างจากกลุ่มประเทศ OECD แล้วเกือบ 100 คะแนน และมีแนวโน้มห่างจากคะแนนเฉลี่ยมากขึ้นเรื่อย ๆ (ณรงค์กร มโนจันทร์เพ็ญ, 2565) และจากผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลของเด็กไทย PISA 2022 พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์ 394 คะแนน วิทยาศาสตร์ 409 คะแนน และการอ่าน 379 คะแนน ซึ่งเมื่อเทียบกับ PISA 2018 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของประเทศไทยทั้งสามด้านลดลง โดยคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยลดลง 25 คะแนน วิทยาศาสตร์และการอ่าน มีคะแนนเฉลี่ยลดลง 17 คะแนน และ 14 คะแนน ตามลำดับ สำหรับผลการประเมินของประเทศอื่น ๆ พบว่า นักเรียนจากสิงคโปร์มีคะแนนยืนหนึ่ง โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่านสูงกว่าทุกประเทศ/เขตเศรษฐกิจที่เข้าร่วมการประเมินในครั้งนี้ ประเทศที่มีคะแนนสูงสุดห้าอันดับแรกในด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นด้านที่เน้นในรอบการประเมินนี้ได้แก่ สิงคโปร์ มาเก๊า จีนไทเป ฮองกง และ ญี่ปุ่น ส่วนประเทศสมาชิก OECD มีคะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์ 472 คะแนน ด้านวิทยาศาสตร์ 485 คะแนน และ ด้านการอ่าน 476 คะแนน สสวท. วิเคราะห์ว่าจากผลการประเมินของประเทศไทยตั้งแต่ PISA 2000 จนถึง PISA 2022 พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์และการอ่านมีแนวโน้มลดลง ส่วนด้านวิทยาศาสตร์ถือว่าไม่เปลี่ยนแปลงทางสถิติ โดยด้านคณิตศาสตร์: คะแนนลดลง 6% (อันดับ 58 จาก 81 ประเทศ-พื้นที่ที่เข้าร่วม) ด้านการอ่าน: คะแนนลดลง 4% (อันดับ 64 จาก 81 ประเทศ-พื้นที่ที่เข้าร่วม) และด้านวิทยาศาสตร์: คะแนนลดลง 4% (อันดับ 58 จาก 81

ประเทศ-พื้นที่ที่เข้าร่วม) แต่หากมองในภาพรวมของผลการประเมินสะท้อนให้เห็นว่าระบบการศึกษาทั่วโลกมีคะแนนเฉลี่ยลดลงเมื่อเทียบกับ PISA 2018 ซึ่งเป็นผลกระทบจากที่ทุกประเทศต้องเผชิญกับสถานการณ์โควิด-19 (เฟซบุ๊กสำนักการศึกษา, 2565)

ดังนั้นคณิตศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

สาเหตุที่ทำให้ผู้เรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นั้น มีหลายสาเหตุ ซึ่งสาเหตุหนึ่งในนั้น คือ กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของผู้สอนที่ยังคงเน้นความจำมากกว่าฝึกกระบวนการคิด ส่วนใหญ่เป็นการอธิบายและแสดงเหตุผลกำกับ โดยผู้สอนเองมักใช้การแก้ปัญหาเพียงรูปแบบเดียว ผู้สอนจึงควรปรับปรุงรูปแบบการสอนด้วยการลดบทบาทของผู้สอนจากการเป็นผู้บรรยายมาเป็นผู้สนับสนุนในการเรียน ให้คำแนะนำเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พูดและเขียนแสดงความคิดเห็น ลงมือปฏิบัติโดยการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนหรือการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ รวมไปถึงการวัดและประเมินผลฐานสมรรถนะมีลักษณะสำคัญ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2562) คือ 1) มุ่งวัดสมรรถนะอันเป็นองค์รวมของความรู้ทักษะ เจตคติ และคุณลักษณะต่าง ๆ ไม่ใช่เวลาอย่างมากกับการสอบวัดตามตัวชี้วัดจำนวนมาก 2) วัดจากพฤติกรรม การปฏิบัติที่แสดงออกถึงความสามารถในการใช้ความรู้ทักษะเจตคติ และคุณลักษณะต่าง ๆ ตามเกณฑ์การปฏิบัติ (Performance Criteria) มีใช้องค์กลุ่มและมีหลักฐาน การปฏิบัติ (Evidence) ใช้ตรวจสอบได้ 3) ใช้การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) จากสิ่งที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริงและความก้าวหน้าในการปฏิบัติงาน 4) ใช้สถานการณ์เป็นฐาน เพื่อให้บริบทการวัดและประเมินเป็นสภาพจริงมาก (คณะกรรมการอิสระเพื่อการปฏิรูปการศึกษา, ม.ป.ป.) ซึ่งต้องปรับเปลี่ยนวิธีการวัดและประเมินผลฐานสมรรถนะตามหลักสูตรใหม่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาระบบทดสอบสมรรถนะหลักของผู้เรียนเพื่อรองรับหลักสูตรใหม่ ดังกล่าว (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2562)

จากความเป็นมาของการปฏิรูปหลักสูตรใหม่เป็นหลักสูตรฐานสมรรถนะของกระทรวงศึกษาธิการ และการให้ความสำคัญกับการการวัดและประเมินผลสมรรถนะผู้เรียน และสภาพปัญหาของการวัดประเมินผลของครูผู้สอนในหลักสูตรอิงมาตรฐานที่ผ่านมา จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาระบบการทดสอบสมรรถนะเพื่อรองรับหลักสูตรฐานสมรรถนะดังกล่าว จึงมีความตระหนักถึงความจำเป็นและความสำคัญของการทดสอบสมรรถนะเพื่อจะได้ข้อมูลระดับสมรรถนะของผู้เรียนที่จะนำผลการประเมินไปใช้ในการออกแบบการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดปัญหาของการวัดประเมินผลที่ผ่านมา ตลอดจนเป็นข้อมูลที่จะช่วยให้ครูวินิจฉัยเพื่อการส่งเสริมหรือช่วยเหลือผู้เรียนได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น จึงได้เกิดคำถามขึ้นว่าในหลักสูตรฐานสมรรถนะที่กำลังจะมีการเริ่มใช้จะมีระบบการทดสอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนเพื่อส่งเสริมการยกระดับคุณภาพผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 มีลักษณะอย่างไร และควรมีองค์ประกอบสำคัญอะไรบ้าง รูปแบบของแบบทดสอบควรมีลักษณะอย่างไร จึงจะได้สารสนเทศจากการทดสอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความตรงและความเที่ยง และสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้ได้จริง ตลอดจนครูผู้สอนสามารถนำสารสนเทศที่ได้จากการประเมินไปใช้ในการวางแผนพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 และได้รูปแบบวิธีการหรือแนวทางพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ที่หมายถึงความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนต่อไป (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

ซึ่งปัจจุบันได้ก้าวมาถึงยุคศตวรรษที่ 21 หรือที่เรียกกันว่า ยุคไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งเป็นการก้าวสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี โดยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษาช่วยในการพัฒนาประเทศ เทคโนโลยีสารสนเทศจึงมีบทบาทสำคัญทางการศึกษา เป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้บริหาร ผู้สอน และผู้เรียนที่เกิดมาในท่ามกลางความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยการนำความรู้ทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ICT คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตมาปรับใช้ในการเรียนการสอนในการผลิตสื่อข้อสอบรวมถึงขั้นตอนวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนในรูปแบบดิจิทัลมากขึ้น และมีนักพัฒนาด้านนวัตกรรมเทคโนโลยีต่าง ๆ ก็คิดออกแบบพัฒนาสร้างแบบทดสอบให้เป็นระบบทดสอบออนไลน์ (e-testing) คือ ระบบทดสอบการสอบอิเล็กทรอนิกส์ โดยให้ผู้เรียนได้ทำแบบทดสอบผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ Notebook Tablet SmartPhone ที่เชื่อมต่อระบบ Internet ซึ่งหลังจากผู้เรียนที่ทำการสอบเสร็จสามารถทราบผลการสอบทันที และผู้สอนได้รับรายงาน (Report) ผลการสอบยังสามารถบันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ระบบสอบออนไลน์เป็นระบบที่จัดสอบ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ผู้เรียนสามารถเข้าไปทำการทดสอบจำนวนมาก ๆ ทางออนไลน์ได้พร้อมกัน และเหมาะสำหรับให้คณาจารย์ทำการจัดสอบวัดผลจริงบนระบบ

e-Testing เพื่อความสะดวกในการประมวลผลระดับความรู้ของผู้เรียนได้เป็น อย่างมีประสิทธิภาพ และผู้เรียนสามารถทำการสอบทางออนไลน์ได้ตามสถานที่ต่าง ๆ โดยมีการกำหนดจำนวนเครื่อง ที่ใช้สอบ และกำหนดเวลาในการสอบโดยผู้สอนจะทราบได้ทันทีว่าผู้เรียนสอบที่ไหน เวลาไหน จากการดูข้อมูลผู้สอบผ่านระบบ e-Testing ปัจจุบันระบบสอบออนไลน์ได้มีการพัฒนา ให้มีความสามารถเพิ่มขึ้นโดยสถานศึกษาต่าง ๆ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดให้เป็นระบบ ของตนเองได้ เพราะระบบทดสอบออนไลน์นั้นเป็นการพัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) ซึ่งอยู่ภายใต้สัญญาอนุญาตสาธารณะทั่วไปของกนู (GNU General Public License) ถือว่า เป็นสัญญาในการให้ซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้สามารถเผยแพร่ปรับปรุงหรือแก้ไขงานเพียงบางส่วน หรือทั้งหมดของซอฟต์แวร์นั้นได้โดยเสรี (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2561)

ซึ่งการที่จะทราบถึงความรู้ ความเข้าใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนได้นั้น ต้องมีการสอบ (testing) ซึ่งเป็นการที่นำชุดคำถามที่เรียกว่าแบบทดสอบหรือข้อสอบที่ผ่าน การตรวจสอบมาตรฐานจากนักวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญด้านแบบทดสอบให้ผู้สอบตอบ เพื่อเป็นการวัดคุณลักษณะ (attribute) ของผู้เรียนจากผลการตอบคำถามในแบบทดสอบตามเกณฑ์ ที่กำหนด และนำข้อมูลจากการวัดผลจากการสอบมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่ง เพื่อสรุปค่าออกมาให้ถูกต้องเที่ยงตรง มีความหนาเชื่อถือและตรงกับความเป็นจริง (สมชาย รัตนทองคำ, 2556) ซึ่งการวัดผลเป็นกระบวนการหรือวิธีการในการกำหนดตัวเลขให้กับคุณลักษณะ ต่าง ๆ ของคน สัตว์ สิ่งของ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างมีกฎเกณฑ์ คือ จะต้องดำเนินการ อย่างมีขั้นตอน เป็นระเบียบแบบแผน โดยมีเครื่องมือช่วยวัด ซึ่งจะทำให้ตัวเลขใช้แทนลักษณะ ของสิ่งที่เราต้องการ การประเมินผลการเรียนรู้ เป็นการใช้เทคนิคประเมินผลหลากหลายวิธี เช่น วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม สามารถวัดหรือสังเกตเห็น ได้ด้วยความรู้ ความเข้าใจทักษะ กระบวนการและด้านจิตใจ ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ หรือภาระงานการปฏิบัติในลักษณะผลผลิตหรือผลงาน ผลการกระทำหรือพฤติกรรมและกระบวนการ เช่น การทดลอง และเลือกวิธีการและเครื่องมือวัดและประเมินผล ซึ่งการเลือกเครื่องมือในการวัดผล ของผู้เรียนในยุคดิจิทัล โดยใช้แอปพลิเคชันในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สร้างความท้าทาย ให้กับผู้เรียนและผู้สอนเป็นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงวิธีการวัดและประเมินผล ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะของผู้เรียน ให้มีความทันสมัยและตอบสนองพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ในยุคดิจิทัล แอปพลิเคชันที่นับเป็นสุดยอดในการประเมินผลการเรียนรู้ในปัจจุบัน ที่สามารถ ตอบสนองการวัดผลการเรียนรู้ได้หลายรูปแบบได้ (ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล, 2562) นอกจากนี้ แบบการเรียนของผู้เรียนมีผลต่อความสำเร็จทางการเรียน โดยผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนของผู้เรียน จะเพิ่มขึ้น สามารถจดจำข้อมูลที่ได้เรียนนานขึ้น เมื่อวิธีสอน วัสดุ/สื่อการสอนและ สภาพแวดล้อม

ของการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น ผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือก็จะเรียนรู้ได้ดีในกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีส่วนร่วม มีการร่วมมือกันทำงานเป็นกลุ่ม มีงานวิจัยของ (Yunfei & Simpson, 2002) ที่พบว่า ผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แบบเอกนัย (Convergers) มีความสุขและความพอใจในการเรียนบนเว็บมากกว่าผู้เรียนแบบซึมซับ (Assimilators) เป็นต้น ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างบุคคลในแบบการเรียนรู้มี ประโยชน์ต่อทั้งผู้เรียนและผู้สอนในแง่การส่งเสริมการเรียนรู้ การพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเรียนรู้ได้ เต็มศักยภาพ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และจัดการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับแบบการเรียนรู้ของตนเองจะทำให้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น จึงเป็นแนวทางที่ครูผู้สอนควรจะวิเคราะห์แบบ การเรียนของผู้เรียน และดำเนินการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพ

จากการวัดคุณลักษณะภายในที่เกี่ยวกับความสามารถ (Ability) ของบุคคลเป็นการวัดที่ต้องอาศัยข้อสอบ หรือแบบสอบเป็นสิ่งเร้าเพื่อกระตุ้นให้แสดงพฤติกรรมที่ต้องการออกมา ด้วยการตอบสนองต่อข้อสอบ ผลการตอบจะออกมาในรูปของคะแนนแล้วอ้างอิงไปอธิบายหรือทำนายความสามารถที่แท้จริงของบุคคล การที่จะสามารถอธิบายหรือทำนายความสามารถของบุคคลได้ดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อสอบหรือแบบสอบว่าให้ผลการวัดที่น่าเชื่อถือและครอบคลุมคุณลักษณะที่ต้องการวัดมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ข้อสอบหรือแบบสอบที่มีคุณภาพถือว่าเป็นเครื่องมือที่ดีในการวัดพฤติกรรมที่เป็นตัวแทนของมวลพฤติกรรมที่ต้องการศึกษาทั้งหมด ดังนั้นจากอดีตจนถึงปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนาคุณภาพของข้อสอบและแบบสอบมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory; IRT) เป็นทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (modern test theory) พัฒนาขึ้นครั้งแรกโดย Louis Thurstone ในปี 1920s เนื่องจากข้อจำกัดของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory; CTT) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและแบบสอบ ได้แก่ ค่าความยากและอำนาจจำแนกแปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มผู้สอบ กล่าวคือค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจาก แบบสอบฉบับเดียวกันอาจมีความแตกต่างกันเมื่อนำไปใช้กับกลุ่มผู้สอบที่ต่างกัน ด้วยเหตุนี้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบจึงเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยที่การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจะใช้ การประมาณค่าจากผลการตอบข้อสอบรายข้อ และค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจะไม่แปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มผู้สอบ กล่าวคือเมื่อนำข้อสอบฉบับเดียวกันไปใช้กับกลุ่มผู้สอบที่แตกต่างกัน การประมาณค่าพารามิเตอร์ ของข้อสอบจะมีความคงที่ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563) รวมไปถึงทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ เป็นทฤษฎีที่เน้นอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็น ในการตอบข้อสอบถูก (probability) และตัวแปรแฝง (latent

Trait) เช่น ความสามารถของผู้สอบ เจตคติของนักเรียน หรือความเครียดของผู้สอบ โดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์คือฟังก์ชันโลจิสติก (logistic function) ซึ่งแสดงในรูปโค้งลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curve; ICC) ในการอธิบายความสัมพันธ์ ของ 1) ความสามารถของผู้สอบ (theta) กับ 2) พารามิเตอร์ข้อสอบ ซึ่งมี 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ พารามิเตอร์ ความยาก (b) พารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a) และ พารามิเตอร์ความน่าจะเป็นในการเดาข้อสอบถูก (c) ความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจอยู่ในรูปของโมเดล 1 พารามิเตอร์ (1PL), 2 พารามิเตอร์ (2 PL) หรือ 3 พารามิเตอร์ ซึ่งทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) ทฤษฎีนี้ สามารถวิเคราะห์ ข้อสอบ โดยการหาค่าความยาก (Item Difficulty), ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Power) ค่าความน่าจะเป็นในการเดาถูก (Guess Probability) และค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (Item Information Function) ในการวิเคราะห์ข้อสอบที่จับกับหาค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information Function) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความสามารถทดสอบนี้สอบจะได้ผู้ทดสอบทุกคนไม่จำเป็นต้องทำข้อสอบชุดเดียวกัน มีจำนวนข้อเท่ากันและมีเนื้อหาเหมือนกันทุกข้อได้ดี และรวมไปถึงกับความสำคัญของข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ขณะเดียวกันข้อมูลย้อนกลับก็มีผลกระทบในด้านบวกและด้านลบด้วย ในบริบทของการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนควรมีการให้ข้อมูลย้อนกลับด้วย โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับอาจจะให้แก่ผู้เรียนภายหลังจากที่ได้ตอบสนองต่อการเรียนรู้ในครั้งแรก เมื่อได้ให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนในมิติความรู้ทักษะต่าง ๆ ที่ได้เรียนไปแล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อชี้แจงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น Kulhavy (1977, อ้างอิงใน จุฬารัตน์ มาสันเทียะ, 2560, น. 28-29) นอกจากนี้ Hattie & Timperley (2007) ยังได้กล่าวถึงความสำคัญของการให้ข้อมูลย้อนกลับว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับนั้นเป็นการให้ข้อมูลและสารสนเทศเพื่อลดความแตกต่างระหว่างความรู้ ความเข้าใจในสภาพปัจจุบันที่เป็นอยู่และสภาพที่ต้องการให้เกิดขึ้น (Discrepancy between current and desired understanding) และทำให้ทราบถึงข้อดีของการให้ข้อมูลย้อนกลับ เมื่อพิจารณาในแง่จิตวิทยา พบว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับมีข้อดีดังนี้ 1) การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นการเสริมแรงบวก (Positive Reinforcement) (สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต, 2549) 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นสิ่งที่เป็แรงจูงใจ (Motivation) ให้กับผู้เรียน (สุโท เจริญสุข, 2515) 3) การให้ข้อมูลย้อนกลับช่วยในเรื่องของการกำหนดพฤติกรรม เนื่องด้วยข้อมูลย้อนกลับเป็นสิ่งที่มียุทธศาสตร์ต่อการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนสามารถปรับปรุงพฤติกรรมของตนเองไปสู่แนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องหรือมีความใกล้เคียงได้ (คณิต เขียววิชัย, 2525) การให้ข้อมูลย้อนกลับช่วยลดความเครียด เนื่องจากว่าผู้เรียนได้ทราบว่า

การปฏิบัติของตนถูกต้องหรือไม่ อย่างไร และควรมีแนวทางในการดำเนินการแก้ไขอย่างไร (อุบลศรี อุบลสวัสดิ์, 2526) และงานวิจัยการศึกษาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนธวัชบุรีวิทยาคมโดยใช้แบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย ในการศึกษาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของภูวเดช วรโกชน์ รวมไปถึงงานวิจัย การพัฒนาหลักสูตรความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ของ มะลิวรรณ งามยิ่ง และงานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยจิตรลดา ใจกล้า และคณะ ได้ใช้ข้อสอบที่สามารถวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ได้จากผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น จะเห็นว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับมิได้ช่วยเพียงแค่ส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนทางด้านความรู้และวิชาการเพียงอย่างเดียว แต่ยังสามารถส่งเสริมความสามารถในการประเมินตนเองเพื่อที่จะเป็นเครื่องมือในการพัฒนาและปรับปรุงตนเองของผู้เรียนให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ได้ นอกจากการใช้แนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัย (Diagnosis) มาช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบและค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคลแล้ว การให้ข้อมูลย้อนกลับ แก่นักเรียนก็มีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองของนักเรียน โดยจากงานวิจัย ที่ได้ศึกษาว่าในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน 3 สถานการณ์ ได้แก่ 1) การเรียนเพียงอย่างเดียว 2) การทดสอบเพียงอย่างเดียว และ 3) การทดสอบรวมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ ที่มีผลต่อการเรียนรู้ ของนักเรียน พบว่าสถานการณ์ที่ช่วยส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี คือ การทดสอบรวมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งให้ประโยชน์มากกว่าการเรียนหรือการทดสอบ เพียงอย่างเดียว (Amanda Lipko-Speeda, 2014) เพราะการทดสอบเพียงอย่างเดียว นั้น นักเรียนจะไม่สามารถทราบถึงคำตอบหรือวิธีการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องจนกว่าผู้สอนจะเฉลยคำตอบ ซึ่งอาจใช้ระยะเวลาเป็นวัน เป็นสัปดาห์ หรือเป็นเดือน ซึ่งไม่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง (Adam M. Persky, 2008; John Dunlosky, 2015) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญ ของการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับร่วมด้วย

ในการแก้ปัญหาทางการเรียนของนักเรียนนั้น ผู้สอนเป็นหนึ่งในผู้ที่มีบทบาทสำคัญที่จะช่วยเหลือนักเรียนได้ โดยผู้สอนจำเป็นจะต้องมีสารสนเทศเพื่อเป็นข้อมูลย้อนกลับให้กับตนเอง นักเรียน และผู้ปกครอง เกี่ยวกับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของนักเรียน และหาวิธีการปรับปรุง แก้ไข หรือพัฒนา ให้นักเรียนมีความรู้เรื่องคณิตศาสตร์ดีขึ้น ทั้งนี้ ผู้สอนอาจใช้รูปแบบการวัดและประเมินผลที่ตรงกับวัตถุประสงค์ในการวัดทักษะคุณลักษณะของผู้ถูกประเมินต่อองค์ความรู้ นั้น ๆ โดยทั่วไปจะใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการประเมินเมื่อสิ้นสุดบทเรียน แต่วิธีการประเมินลักษณะนี้เป็นทางเลือกซึ่งอาจจะยังไม่ดีที่สุดเนื่องจากมีข้อโต้แย้ง เช่น เป็นการตัดสินแบบรวบรัดในคราวเดียว เพียงผู้เรียนมีความขยัน

ในช่วงใกล้สอบก็สามารถบรรลุผลสอบผ่านได้เป็นครั้ง ๆ ไป ซึ่งส่วนในระหว่างการเรียนรู้หรือสิ่งที่ช่วยให้ผู้สอนเข้าถึงความมุ่งมั่นตั้งใจ ความสม่ำเสมอและพัฒนาการของผู้เรียนได้ดีกว่า อีกทั้งยังช่วยติดตามความจำที่คงทนในเนื้อหาวิชาเมื่อระยะเวลาผ่านไปนั้น ก็เป็นสิ่งสำคัญในการวัดและประเมินผล (พัชชา ห่อตระกูล และคณะ, 2567) โดยจะเห็นว่าการวัดผลการเรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการเรียนรู้ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการวางโครงสร้างหลักสูตร แผนการศึกษา เทคนิคการเรียนการสอนของครู ตลอดจนความมีวินัย ความมุ่งมั่นตั้งใจ แรงจูงใจ ใฝ่สัมฤทธิ์ของผู้เรียน ทั้งนี้ เพื่อนำผลการประเมินไปปรับปรุงพัฒนาการศึกษาแบบองค์รวม ดังนั้นผู้สอนจึงต้องอาศัยการประเมินความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนในหลากหลายรูปแบบ ตามคุณลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งการประเมินด้วยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative growth score) จึงเป็นรูปแบบการประเมินรูปแบบหนึ่งที่สามารถเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียนโดยไม่อิงจากพื้นฐานความรู้เก่า เป็นธรรมกับนักเรียนที่พื้นฐานความรู้แตกต่างกัน เพราะประเมินในระยะที่เรียนรู้และก้าวหน้าจากการเรียนเฉพาะรายวิชาที่ต้องการวัดผลเท่านั้น และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ เป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของคะแนนผลสัมฤทธิ์กับคะแนนก่อนการเรียนการสอน ซึ่งนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการอ้างอิง จึงเป็นการประมาณค่าที่มีความเชื่อมั่นดีกว่าการใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์เพียงอย่างเดียวและช่วยสะท้อนถึงความมุ่งมั่น ความเอาใจใส่ ความก้าวหน้าในความสามารถที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียนได้อย่างเป็นธรรม (นิศากร จุลรักษา, 2565) จึงน่าจะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ประเมินต่อพัฒนาการในวิชาคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาและความสำคัญดังกล่าวข้างต้นจึงมีความสนใจในการพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 มาพัฒนาเพิ่มในจุดที่ยังต้องพัฒนา โดยทางผู้วิจัยได้นำรายวิชาคณิตศาสตร์ ในการทำการทดสอบประสิทธิภาพระบบแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 เพื่อให้ระบบสามารถตอบสนองผู้ใช้ มีความน่าสนใจ ใช้งานง่าย ให้มีเสถียรภาพ มีความมั่นคง ปลอดภัย เชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีประโยชน์แก่สถาบันมากมาย ทั้งด้านลดค่าใช้จ่ายทั้งด้านวัสดุอุปกรณ์ และบุคลากรในการจัดสอบแต่ละครั้ง ลดเวลาย่อยต่อการเข้าสอบ สอบเสร็จแล้ว ผู้เรียนสามารถทราบถึงผลคะแนน และผลการให้ข้อมูลย้อนกลับตามตัวชี้วัดด้านความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ สามารถรองรับรูปแบบข้อสอบที่มีอยู่อย่างหลากหลายในปัจจุบัน เพื่อที่ระบบที่พัฒนาขึ้นจะได้เป็นมาตรฐานในการเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบเพื่อวัดผลประเมินผลการเรียนต่อไป

คำถามของการวิจัย

1. แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะของแบบทดสอบและลักษณะอย่างไร
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์อยู่ในระดับใด
3. คะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับใด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3
2. เพื่อศึกษาผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ
3. เพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ในการวัดผลทางความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับศักยภาพของความฉลาดรู้ด้านคณิตของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. ได้แนวทางให้ครู อาจารย์ และผู้ที่สนใจในการพัฒนาการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพจากผลการวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้านคณิตศาสตร์ที่อาจทำให้นักเรียนรู้และเข้าใจบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีในชีวิตจริงซึ่งถือว่าเป็นทักษะในการใช้ชีวิต
3. ได้แนวทางและรูปแบบการประเมินพัฒนาการของนักเรียน ด้วยการวัดผลก่อน – หลังเรียนที่สอดคล้องกับกรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย



ภาพ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตการวิจัยตามขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยพิจารณาขอบเขตด้านเนื้อหา ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2567 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก จังหวัดตาก

1.2 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2567 ในจังหวัดตาก จำนวน 460 คน จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling)

2. ขอบข่ายด้านองค์ประกอบความรู้ด้านคณิตศาสตร์ ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้แบบวัดความรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตามการวัดและประเมินผลของ PISA ซึ่งประกอบไปด้วย องค์ประกอบสำคัญ 4 ด้าน ดังนี้

2.1 สถานการณ์และบริบท ที่สัมพันธ์กับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 คือ ส่วนตัว, อาชีพ, สังคม, และวิทยาศาสตร์

2.2 ตัวบ่งชี้ให้นักเรียนเกิดความรู้ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้ คิด/แปลงปัญหา, ใช้คณิตศาสตร์, ตีความและประเมิน, และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

2.3 ด้านเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ คือ ปริมาณ, ความไม่แน่นอนและข้อมูล, การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ ปริภูมิและรูปทรง

3. ระยะเวลา ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าวิจัยในครั้งนี้ คือ มกราคม 2567 ถึง เมษายน 2568

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) คือ ความสามารถของแต่ละบุคคลในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และสามารถแปลงปัญหา ใช้คณิตศาสตร์ และตีความ ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทของโลกชีวิตจริง รวมถึงการใช้แนวคิด กระบวนการ ข้อเท็จจริง และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อบรรยาย อธิบาย และคาดการณ์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่

ด้านที่ 1 การคิด/แปลงปัญหา (Formulate)

ด้านที่ 2 การใช้คณิตศาสตร์ (Employ)

ด้านที่ 3 การตีความและประเมิน (Interprete)

ด้านที่ 4 การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning)

นอกจากนี้ ยังแสดงให้เห็นว่านอกเหนือจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน การแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ จะต้องใช้องค์ความรู้ด้านเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์ ได้แก่ ปริมาณ ความไม่แน่นอนและข้อมูล การเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์ และปริภูมิและรูปทรง รวมถึงทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่จะเป็นพื้นฐานสำคัญที่เมื่อผู้เรียนได้ฝึกฝนจนมีความชำนาญแล้ว จะมีสมรรถนะในด้านต่าง ๆ ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนหรือไม่เคยเผชิญหน้ามาก่อนในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับกรอบการประเมินตามแนวทางของ PISA มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 มิติ ได้แก่ 1) มิติสถานการณ์และบริบท 2) มิติเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และ 3) มิติความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับตัวชี้วัดภายในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) เป็นทฤษฎีการวัดที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะภายในหรือความสามารถที่มีอยู่ภายในตัวบุคคลกับพฤติกรรม การตอบสนองข้อสอบของบุคคลนั้นว่ามีโอกาสตอบข้อสอบถูกมากเท่าใด

4. การหาคุณภาพของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง การหาว่าแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) แบบ 3 พารามิเตอร์ สามารถวัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัด และทำให้ทราบความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งในการหาคุณภาพของแบบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จะประกอบด้วยตัวบ่งชี้คุณภาพของแบบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ หมายถึง ค่าที่แสดงถึงคุณลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อประกอบด้วย ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยาก (b) และค่าโอกาสการเดา (c) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IRTPRO

4.1. ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (Discrimination Parameter: a) หมายถึง ค่าที่เป็นสัดส่วน โดยตรงกับความชันของโค้งคุณลักษณะของข้อสอบ ณ จุดเปลี่ยนโค้ง มีตั้งแต่ $-\alpha$ ถึง α แต่ในทางปฏิบัติ มีค่าตั้งแต่ 0.5 -2.5 เพราะค่าอำนาจจำแนกที่เป็นลบแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นไม่ดี ต้องตัดทิ้ง ค่าต่ำกว่า 0.5 แสดงว่าข้อสอบไม่มีอำนาจจำแนก ค่า 2.5 แสดงว่าข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกสูงใน การคัดเลือกข้อสอบ ข้อสอบที่คัดเลือกไว้จะมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

4.2. ค่าความยากของข้อสอบ (Difficulty Parameter: b) หมายถึง สัดส่วนของคนที่ทำข้อสอบนั้นได้ถูกหรือหมายถึงค่าที่แสดงถึงระดับความสามารถของผู้สอบ (θ) ที่จุดโค้งลักษณะ

ข้อสอบมีความชันมากที่สุดมีค่าตั้งแต่ $-\alpha$ ถึง α แต่ในทางปฏิบัติจะอยู่ระหว่าง -2.5 ถึง 2.5 ค่า -2.5 บ่งบอกว่าข้อสอบนั้นง่ายมาก และค่า 2.5 บ่งบอกว่าข้อสอบนั้นยากมาก

4.3. ค่าโอกาสการเดาของข้อสอบ (Guessing Parameter: c) หมายถึง ความน่าจะเป็นของบุคคลหนึ่งที่ไม่มีความสามารถในการตอบข้อสอบนั้นได้ถูกต้อง เป็นค่าที่แสดงถึงโอกาสการตอบข้อสอบถูก โดยไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ มีค่าจาก 0 ถึง 1 จะคัดเลือกเอาข้อสอบที่มีค่าโอกาสการเดา ต่ำกว่า 0.3

4.4 ความตรงหรือความเที่ยงตรง (validity) หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการวัดหรือความสอดคล้องหรือความเหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่อง หรือเกณฑ์หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับลักษณะที่มุ่งวัด ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า ความเที่ยงตรง ประกอบด้วยความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) คือ ความสามารถในการวัดได้ตรง ตามลักษณะที่มุ่งวัดโดยผลการวัดมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและความหมายทางทฤษฎีของลักษณะ ที่มุ่งวัดโดยหาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

4.5. สารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) หมายถึง ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบแต่ละข้อ ณ ตำแหน่ง θ

4.6. สารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information) หมายถึง ค่าผลรวมเชิงพีชคณิตของค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบแต่ละข้อรวมกันทั้งฉบับ ณ ตำแหน่ง θ

5. แพลตฟอร์มดิจิทัล (Digital Platform) หมายถึง แอปพลิเคชันที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6. การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) หมายถึง เป็นการให้ผลของการวัดและประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ของข้อสอบทั้งฉบับที่ทำให้รู้ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยข้อมูลย้อนกลับจะบอกคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ และอธิบายรายละเอียดที่บอกให้ผู้เรียนทราบถึงผลของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ นักเรียนทราบถึงระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนและข้อความแปลผลให้กับนักเรียน โดยในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเสนอข้อมูล (information feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในรูปแบบของข้อความที่ให้ภายหลังการตอบสนองของผู้เรียนต่อแบบทดสอบเป็นสารสนเทศที่ให้แกผู้เรียนภายหลังที่ผู้เรียนตอบคำถามที่อยู่ในแบบทดสอบ ซึ่งแบบของข้อมูลย้อนกลับนี้จะให้สารสนเทศต่อไปนี้ เช่น แสดงผล

คะแนน แสดงผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน และแปลผลระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนเพื่อการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

7. พัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง ผลที่ได้จากการคำนวณคะแนน พัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ด้วยวิธีวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (ศิริชัย กาญจนวสี, 2552) โดยมีสูตรคำนวณ คือ

$$RG = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(F - Y_1)} \times 100$$

เมื่อ F คือ คะแนนเต็ม
 Y_1 คือ คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ก่อนเรียน
 Y_2 คือ คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์หลังเรียน

8. ระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของแต่ละบุคคล ในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และสามารถแปลงปัญหา ใช้คณิตศาสตร์ และตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทของโลกชีวิตจริง รวมถึงการใช้แนวคิด กระบวนการ ข้อเท็จจริง และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อบรรยาย อธิบาย และคาดการณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้แต่ละบุคคลทราบถึงบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีต่อโลกนี้และสร้างพื้นฐานที่ดี ในการลงข้อสรุปและการตัดสินใจซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง ดี และดีมาก ซึ่งแต่ละระดับนักเรียน ต้องมีความสามารถในการฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ดังนี้

8.1 ระดับดีมาก หมายถึง นักเรียนสามารถสร้างกรอบความคิด สร้างข้อสรุป และใช้ประโยชน์ของข้อมูลบนพื้นฐานของการสำรวจตรวจสอบและการสร้างตัวแบบของสถานการณ์ที่ซับซ้อนของปัญหา และสามารถใช้ความรู้ในบริบทที่ไม่คุ้นเคยและไม่เป็นไปตามแผนที่มีความก่อน นักเรียนสามารถสร้างและใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) สำหรับปัญหา คณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน สามารถระบุข้อจำกัดและข้อตกลงเบื้องต้นเฉพาะเรื่องนั้น ๆ สามารถเลือก เปรียบเทียบ และประเมินถึงกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่เหมาะสม สามารถทำงานอย่างมีกลยุทธ์โดยใช้ทักษะการคิดและทักษะการให้เหตุผล โดยนำมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสม กับการนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ สัญลักษณ์และลักษณะของโจทย์คณิตศาสตร์ และมองเห็น

ความสัมพันธ์เชื่อมโยงของสิ่งเร้าที่เข้ากับสถานการณ์ นักเรียนที่ระดับนี้เริ่มพัฒนาความสามารถในการทำงานของตน และสามารถสื่อสารโดยการสรุปความและตีความในรูปแบบการเขียนได้

8.2 ระดับดี หมายถึง นักเรียนสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบชัดเจน แต่อยู่ในสถานการณ์ซับซ้อนที่ค่อนข้างเป็นรูปธรรม และอาจมีข้อจำกัดเข้ามาเกี่ยวข้อง หรืออาจต้องมีการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นบ้าง นักเรียนสามารถเลือกและบูรณาการการนำเสนอแบบต่าง ๆ หลายแบบรวมทั้งการใช้สัญลักษณ์แทน โดยนำมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง นักเรียนที่ระดับนี้สามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่จำกัดและสามารถใช้เหตุผลด้วยความเข้าใจในสถานการณ์ที่ตรงไปตรงมาได้ สามารถสร้างและสื่อสารคำอธิบายหรือข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของการตีความ การโต้แย้ง และการกระทำของตนเอง

8.3 ระดับปานกลาง หมายถึง นักเรียนสามารถทำโจทย์ตามตัวอย่างหรือวิธีการที่บอกไว้ชัดเจน รวมทั้งโจทย์ที่ต้องเลือกลำดับขั้นตอนด้วยการตีความของนักเรียนเพียงพอสำหรับเป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองอย่างง่ายหรือสำหรับการเลือกและการใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อน สำหรับการแก้ปัญหานักเรียนที่ระดับนี้สามารถตีความและใช้การนำเสนอทางคณิตศาสตร์จากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกันและใช้ความเป็นเหตุผลโดยตรงจากแหล่งข้อมูลนั้น ๆ ได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะแสดงความสามารถในการแก้โจทย์ร้อยละ เศษส่วนและทศนิยม และหาความสัมพันธ์ในเชิงสัดส่วน การแก้ปัญหานักเรียนสะท้อนให้เห็นว่ามีการตีความและใช้ความเป็นเหตุเป็นผลในขั้นพื้นฐานได้

8.4 ระดับน้อย หมายถึง นักเรียนสามารถตีความ แปลความ และรู้สถานการณ์ในบริบทที่ไม่ซับซ้อนที่ต้องการตัวอ้างอิงไม่เกินสองตัว สามารถสกัดสาระสำคัญจากแหล่งเดียว และสามารถใช้รูปแบบการนำเสนออย่างง่าย ๆ เพียงขั้นเดียว นักเรียนที่ระดับนี้สามารถใช้ลำดับขั้นตอน สูตรคำนวณ กระบวนการ หรือข้อตกลงเบื้องต้นเพื่อแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเลขจำนวนเต็มและสามารถตีความผลลัพธ์ที่ได้แบบตรงไปตรงมา ระดับ 2 ถือว่าเป็นระดับพื้นฐานที่ควรจะมี (Minimum requirement) เป็นระดับที่แสดงว่านักเรียนพอจะใช้ประโยชน์จากคณิตศาสตร์ในชีวิตได้ในระดับเริ่มต้น

8.5 ระดับน้อยที่สุด หมายถึง นักเรียนสามารถตอบคำถามคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทที่เคยพบหรือคุ้นเคยมาก่อน ซึ่งบริบทต้องให้ข้อมูลที่ชัดเจนและเป็นคำถามที่ถามตรง ๆ อย่างชัดเจน สามารถระบุสาระที่ต้องการและสามารถทำโจทย์ปัญหาตามขั้นตอนที่เคยทำเป็นประจำ โดยทำตามคำสั่งที่บอกไว้ในสถานการณ์อย่างชัดเจน สามารถทำได้เฉพาะเมื่อมีการบอกอย่างชัดเจนและทำโจทย์ตามตัวอย่างที่กำหนดให้ได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy)
2. แนวทางในการพัฒนาและประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Competencies)
3. กรอบการประเมินคณิตศาสตร์ของ PISA
4. องค์ประกอบของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง สสวท. ที่ทำให้เกิดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์
5. มโนทัศน์เกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ
6. E- Testing
7. แอปพลิเคชัน
8. ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory)
9. มโนทัศน์เกี่ยวกับการพัฒนาการ
10. การหาคุณภาพของแบบทดสอบ
11. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy)

1. ความเป็นมาของความฉลาดรู้คณิตศาสตร์ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ก็คือการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ได้ถูกเปลี่ยนมาใช้ ซึ่งความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) เป็นสมรรถนะของการเข้าใจบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีต่อโลก ตัดสินใจในประเด็นต่าง ๆ บนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ มีความผูกพันกับคณิตศาสตร์ตามความต้องการหรือจำเป็นของตน ในอันที่จะทำให้บุคคลนั้นเป็นผู้มีส่วนร่วมในสังคม โดยการนำความรู้คณิตศาสตร์ แนวคิดคณิตศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไม่ว่าจะเป็น การให้เหตุผล การคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร สื่อความหมาย การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ การติดตามและประเมินผลข้อโต้แย้ง การนำเสนอข้อมูล

มาใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตจริง และเตรียมพร้อมสำหรับการเป็นพลเมืองที่มีวิจารณญาณ มีความมั่นใจในตนเอง ห่วงใยและสร้างสรรค์ สังคมในอนาคต (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, น. 38) ผู้เรียนจะต้องใช้ความรู้ คณิตศาสตร์และความเข้าใจเพื่อช่วยให้เข้าใจประเด็นหรือความจำเป็นอย่างต่าง ๆ ดีความหมาย และทำให้ภารกิจนั้น ๆ สำเร็จลุล่วงไปได้ ดังนั้นการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จึงเน้นความชัดเจน ที่ต้องการให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในชีวิต ในกระบวนการนี้ ต้องการทักษะหลายอย่างเป็นต้นว่า ทักษะการคิดและการใช้เหตุผล ทักษะ การโต้แย้ง การสื่อสาร ทักษะการสร้างตัวแบบ การตั้งปัญหาและการแก้ปัญหา การนำเสนอ การใช้สัญลักษณ์ การดำเนินการ ซึ่งนักเรียนต้องใช้ทักษะต่าง ๆ ที่หลากหลายมารวมกัน หรือทับซ้อนหรือคาบเกี่ยวกัน (สุนีย์ คล้ายนิล, 2551, น. 177) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ หมายถึง สมรรถนะของนักเรียน ที่เข้าใจบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีต่อโลก สามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ แนวคิดคณิตศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตจริงได้ การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ในศตวรรษที่ 21 หมายถึง สมรรถนะของนักเรียนที่เข้าใจบทบาทของ คณิตศาสตร์ที่มีต่อโลก ในศตวรรษที่ 21 สามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ แนวคิดคณิตศาสตร์ ทักษะกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ มาใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตจริงได้

2. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) เป็นส่วนหนึ่งในโครงการประเมินผล การศึกษาของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development : OECD) เรียกว่าโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) มีจุดประสงค์เพื่อสำรวจว่าระบบการศึกษาของประเทศ ได้เตรียมเยาวชนของชาติให้พร้อมสำหรับการใช้ชีวิตและการมีส่วนร่วมในสังคมในอนาคต เพียงพอหรือไม่ โดย PISA เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนวัย 15 ปี ที่จะใช้ความรู้และทักษะ เพื่อเผชิญกับโลกในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน โดยประเมินการรู้เรื่อง (Literacy) ซึ่ง PISA ถือว่าเป็นวิชาที่เป็นตัวแทนของการวางรากฐานของการดำเนินชีวิต ได้แก่ การรู้เรื่องด้าน การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่เข้าร่วม โครงการประเมินผลการศึกษาของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ ดังนั้น จึงควรศึกษาหาข้อมูลสารสนเทศที่จำเป็น เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาปรับปรุง และพัฒนาการจัดการ เรียนรู้ของประเทศให้มีคุณภาพมากขึ้น

3. ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เนื่องจากการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เป็นคำที่ใช้ แทนคำว่า ความรู้คณิตศาสตร์ นักการศึกษาได้ให้ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ดังนี้

สุนีย์ คล้ายนิล (2549) กล่าวว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์มีความหมายมากกว่า การคิดเลข และการทำโจทย์ปัญหา การรู้จักรูปคณิตศาสตร์ หรือการจัดการกับข้อมูลคณิตศาสตร์ แต่หมายรวมถึง รู้ขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์ สามารถติดตามและประเมินผล ข้อโต้แย้งเชิงคณิตศาสตร์ เสนอปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ เลือกวิธีนำเสนอสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ และสามารถตัดสินใจปัญหาบนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ นิยามของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA จึงไม่เหมือนกับนิยามการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ทั่วไป โดยเน้นการประเมินความสามารถของนักเรียน ที่นำเอาความรู้และทักษะคณิตศาสตร์มาใช้ในสถานการณ์ที่ท้าทายที่อาจพบในชีวิตจริงหรือบทบาท ที่ต่างกัน และในวิธีการที่ต่างกัน ซึ่งการที่จะใช้ความรู้และทักษะดังกล่าวได้ต้องมีพื้นฐานความรู้ คณิตศาสตร์ที่เรียนในโรงเรียนอย่างดีพอ

Organization for Economic Co-operation and Development (1999) ให้นิยาม การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) ว่าการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เป็นคำที่ใช้แทนคำว่า “ความรู้คณิตศาสตร์” เป็นการรู้และเข้าใจบทบาทคณิตศาสตร์ที่มีในโลกหรือในชีวิตจริง สามารถตัดสินใจปัญหาต่าง ๆ บนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ และรู้จักใช้คณิตศาสตร์เพื่อ แก้ปัญหา ของตนเอง และเตรียมพร้อมเป็นพลเมืองที่มีวิจรรณญาณ ห่วงใยและสร้างสรรค์สังคมในอนาคต

Ontario Ministry of Education and Training (1999) ให้นิยามการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ว่าการมีความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น ทักษะทางคณิตศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการสื่อสาร การคิดวิเคราะห์ และที่สำคัญที่สุดคือ การมีความสามารถและแรงจูงใจ ในการเรียนรู้ ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญในการจัดทำหลักสูตรสำหรับนักเรียนในวันข้างหน้า

Bussiere (2001) ให้นิยามการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ว่า การนำเอาความรู้และทักษะ คณิตศาสตร์มาใช้ในสถานการณ์ที่ท้าทายที่อาจพบในชีวิตจริงหรือบทบาทที่ต่างกันและในวิธีการ ที่ต่างกัน ซึ่งการที่จะใช้ความรู้และทักษะดังกล่าวได้ต้องมีพื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์ การนำความรู้ คณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ การเป็นบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ และมีความมั่นใจในตนเอง

สุชาติ ปัทวิภาต (2557) ให้นิยามการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถของบุคคล ในการคิด ใช้ และตีความคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย รวมถึงการให้เหตุผล อย่างเป็นคณิตศาสตร์ ใช้แนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายและทำนาย ปรากฏการณ์ต่าง ๆ

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้มีผู้วิจัยหลายท่านได้ศึกษาและพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนนำเอาความรู้คณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ และมีความมั่นใจในตนเอง

ชนน คันธาวัตร์ (2561) นำกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาใช้พบว่าควรให้ความสำคัญกับการเลือกสถานการณ์ที่มีความน่าสนใจใกล้เคียงกับประสบการณ์ของนักเรียน มีการอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น วิเคราะห์ ติความ ประเมินผลลัพธ์ และความรอบคอบในการทำงานของนักเรียน การจัดการเรียนรู้ คณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหาเพื่อนำเอาเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องจำนวนจริง โดยจะเป็นเนื้อหาที่เรียนแล้ว เนื้อหาที่ยังไม่ได้เรียน และเนื้อหาสอนเสริมที่ไม่ได้มีอยู่ในหลักสูตร พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดแต่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

กาญจนา จิตกังวัน (2559) จากงานวิจัยของ ภูวเดช วรโชน (2559) พบว่าแนวทางในการแก้ปัญหาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือ ควรปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้ให้มีความหลากหลาย โดยฝึกให้เด็กคิดมากขึ้น ใช้ปัญหาที่พบบ่อย ๆ และเพิ่มเวลาการฝึกแก้ปัญหาให้มากขึ้น โดยเฉพาะปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มาแก้ปัญหาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นการนำสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับบทบาทในชีวิตประจำวันมาประยุกต์ใช้กับเนื้อหาช่วยให้นักเรียน เห็นถึงความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

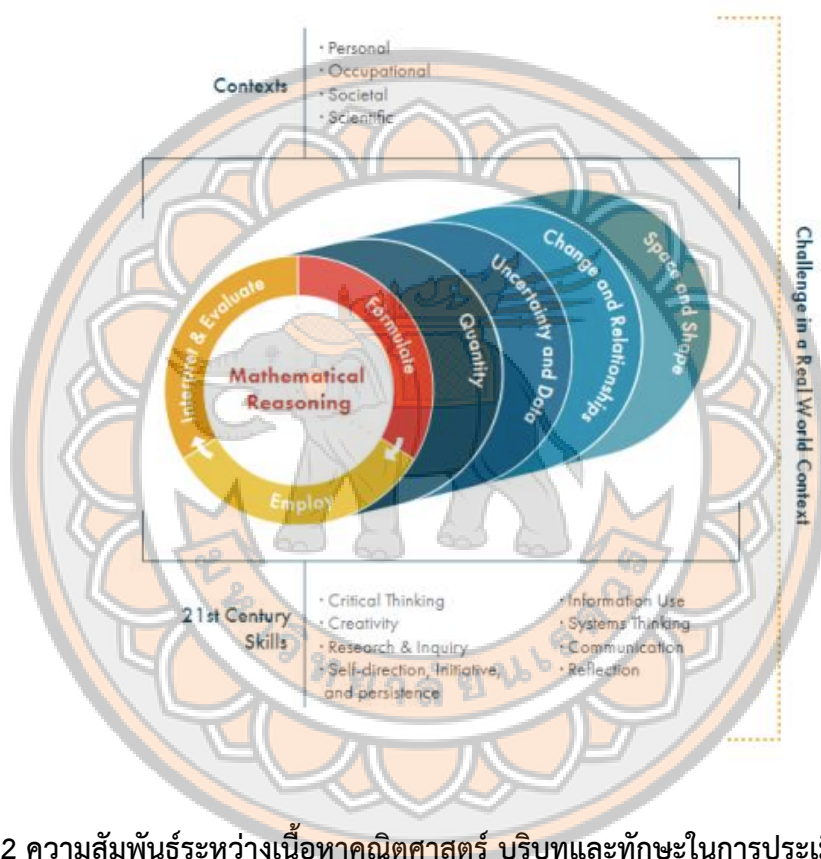
บพิศ กิจมี (2551) พบว่า การใช้บริบทเป็นฐานส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่เกิดความสนใจ คณิตศาสตร์และตระหนักถึงประโยชน์ของคณิตศาสตร์อย่างน่าพอใจ โดยทำให้นักเรียนรู้สึกสนุก และอยากศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์มากขึ้น และส่งเสริมให้นักเรียนสามารถมองเห็นว่าความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เรียนมานั้นนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง การจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนควรเน้นให้คณิตศาสตร์ สอดคล้องกับชีวิตจริง สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ เนื่องจากคณิตศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับบทบาทในการประกอบอาชีพในสังคม การเปิดโอกาสให้นักเรียนพบเจอปัญหาที่เกิดขึ้นจริงและได้ลงมือหาทางแก้ปัญหานั้นด้วยตนเองจะฝึกให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาเป็น และยังช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญในการเรียนมากขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (Context-based learning approach) มีลักษณะสำคัญ คือเน้นให้นักเรียนลงมือ ปฏิบัติเพื่อค้นหาความรู้ด้วยตนเอง สร้างองค์ความรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล

Seel (2012) นำบริบทหรือเหตุการณ์เสมือนจริงที่ใช้ในชีวิตส่วนตัวของนักเรียน สังคมรอบตัวของนักเรียน การประกอบอาชีพต่าง ๆ มาเป็นจุดเริ่มต้นในการเรียนรู้ของนักเรียน ได้เรียนรู้หาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง และนำไปใช้ในการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน

Gillbert (2006) ภาวะการณ์ในปัจจุบัน การดำเนินชีวิตของคนไทยมีความเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว ซับซ้อนมากขึ้น กระบวนการจัดการศึกษาจึงต้องเกิดผลในการพัฒนาคุณภาพชีวิต และคุณภาพของพลเมืองให้ก้าวทันต่อความพลิกผันของเหตุการณ์และปัญหา หลักการและวิธีการที่สำคัญประการหนึ่งคือการสร้างสรรค์ ความรู้และทักษะพื้นฐานที่จำเป็นให้เกิดขึ้นแก่ประชาชน ประกอบกับความหมายของคำ literacy ที่เดิมหมายถึงเพียงการอ่านออก เขียนได้ คิดเลขเป็น แต่ในปัจจุบันความหมายของคำ literacy ได้ เปลี่ยนแปลงไป คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมศัพท์ ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัยจึงได้อธิบายความหมาย ของคำนี้ให้กว้างขึ้น โดยใช้ศัพท์บัญญัติเป็นภาษาไทย ว่า “ความฉลาดรู้” เพื่อให้ครอบคลุมถึง การรู้และเข้าใจสาระที่ถูกต้อง ชัดเจน ต่อยอด เกิดความรู้ใหม่จนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตได้จริงด้วยตระหนักถึงความสำคัญ ความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) คือ ความสามารถที่จะทำความเข้าใจกับสิ่งที่ได้อ่าน สามารถนำไปใช้ ประเมิน สะท้อนออกมาเป็นความคิดเห็นของตนเอง และมีความรักและผูกพันกับการอ่าน เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย พัฒนาความรู้และศักยภาพ และการมีส่วนร่วมในสังคม

การประเมินของ PISA (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) จะใช้สถานการณ์ที่มีอยู่ ในโลกของความเป็นจริงตามบริบทข้างต้น เพื่อให้นักเรียนใช้ความคิดที่สูงขึ้น ไปจากการคิดคำนวณหาคำตอบที่เป็นตัวเลข เช่นการให้นักเรียนรู้จักคิด ใช้เหตุผล และคำอธิบาย มาประกอบคำตอบ ดังนั้นภารกิจการประเมินความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ของ PISA จึงให้ความชัดเจนที่ความต้องการให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในแวดวงของการดำเนินชีวิต ซึ่งต้องการให้นักเรียนระบุสถานการณ์ที่สำคัญของปัญหากระตุ้นให้หาข้อมูลสำรวจตรวจสอบ และนำไปสู่การแก้ปัญหาในกระบวนการนี้ต้องการทักษะหลายอย่าง เป็นต้นว่า ทักษะการคิดและการใช้เหตุผล ทักษะการโต้แย้ง การสื่อสาร ทักษะการสร้างตัวแบบ การตั้งปัญหา และการแก้ปัญหา การนำเสนอ การใช้สัญลักษณ์ การดำเนินการ ในกระบวนการเหล่านี้ นักเรียนต้องใช้ทักษะต่าง ๆ ที่หลากหลายมารวมกัน หรือใช้ทักษะหลายอย่างที่ทับซ้อนหรือคาบเกี่ยวกัน ดังนั้นการที่ PISA เลือกใช้ 7 คำว่า ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ แทนคำว่า “ความรู้คณิตศาสตร์” ก็เพื่อเน้นความชัดเจนของความรู้ คณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งนี้ โดยถือข้อตกลงเบื้องต้นว่าการที่คนหนึ่งจะใช้คณิตศาสตร์ได้ คนนั้นจะต้องมีความรู้พื้นฐานและทักษะทางคณิตศาสตร์ มากพออยู่แล้ว ซึ่งนั่นก็หมายถึงสิ่งที่นักเรียนได้เรียน ไปขณะอยู่ในโรงเรียน นอกจากนี้การประเมิน เจตคติและความรู้สึกที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เช่น ความมั่นใจ ความอยากรู้อยากเห็น ความสนใจ ความรู้สึกว่าตรงปัญหาหรือตรงกับประเด็น และความอยากที่จะเข้าใจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว แม้จะไม่ถือว่าเป็นเรื่องคณิตศาสตร์ แต่ก็ถือว่ามีส่วนสำคัญในการทำใหู้้เรื่องคณิตศาสตร์ เพราะโดยความเป็นจริงแล้วความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จะไม่เกิดขึ้น หากบุคคลขาดเจตคติ

และความรู้สึกต่อคณิตศาสตร์ และมีหลักฐานเป็นที่ยอมรับว่ามีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่าง ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ กับเจตคติและความรู้สึกต่อคณิตศาสตร์ ในการประเมินผลของ PISA จะไม่มีการวัดด้านนี้โดด ๆ โดยตรง แต่จะมีการหยิบยกมาพิจารณาในบางองค์ประกอบ ของการประเมิน ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์ บริบท และทักษะในการประเมิน ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แสดงดังภาพประกอบ



ภาพ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์ บริบทและทักษะในการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ PISA 2021

4. ความหมายของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดใช้ และตีความคณิตศาสตร์ในบริบทที่หลากหลาย รวมถึงการใช้เหตุและผลอย่างเป็นคณิตศาสตร์ ใช้แนวคิด กระบวนการ ข้อเท็จจริงและเครื่องมือเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ ช่วยให้รู้และเข้าใจบทบาท

ของคณิตศาสตร์ที่มีในโลก ทำให้สามารถตัดสินใจบนพื้นฐานของแก่นความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ ทำให้เป็นบุคคลที่มีความสามารถในการสร้างสรรค์ มุ่งมั่นและสะท้อนคิด ความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ เป็นสิ่งจำเป็นประการหนึ่งในการดำเนินชีวิตปัจจุบัน โดยที่การรู้คณิตศาสตร์ไม่ได้เน้นความรู้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนตามหลักสูตรในโรงเรียนแต่เน้นการนำคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงในบริบทต่าง ๆ ที่หลากหลายได้ (มะลิวรรณ งามยิ่ง และรุ่งทิwa แยมรุ่ง, 2563)

ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) ประกอบด้วย 3 กระบวนการ ดังนี้ 1) การคิด/แปลงสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ 2) การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา 3) การตีความและประเมินผลลัพธ์ (รัตน์ ดั่งธรรม และวินทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์)

ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (mathematical literacy) ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์การคำนวณ การใช้หรือตีความหมายทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทต่าง ๆ (Stacey & Turner, 2015; OECD, 2018) โดยในการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินผลของ PISA ที่ได้ใช้กันอย่างแพร่หลาย พบว่า PISA 2021 มีการนำเนื้อหาทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการประเมินครอบคลุม 4 เรื่อง ได้แก่ ปริภูมิและรูปทรงสามมิติ (Space and Shape) การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ (Change and Relationships) ปริมาณ (Quantity) และความไม่แน่นอนและข้อมูล (Uncertainty and Data) โดยใช้บริบทของโจทย์คำถามที่สัมพันธ์กับทักษะในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ 1) บริบทส่วนตัว หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของบุคคล เช่น การเตรียมอาหาร การไปเลือกซื้อของ การเดินทาง เป็นต้น 2) ด้านอาชีพ หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน การตั้งราคา การบัญชีการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับงาน เป็นต้น 3) บริบทด้านสังคม หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชุมชน เช่น การเลือกตั้ง การขนส่งสาธารณะ นโยบายของรัฐบาล ข้อมูลประชากร โฆษณา สถิติแห่งชาติเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น และ 4) บริบทด้านวิทยาศาสตร์หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเช่น สภาพอากาศ นิเวศวิทยา การแพทย์วิทยาศาสตร์อวกาศ พันธุศาสตร์ เป็นต้น โดยรูปแบบการตอบคำถามมีลักษณะการตอบมีทั้งแบบให้เขียนตอบและแบบให้เลือกตอบ (OECD, 2018)

ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (mathematical literacy) แนวคิดเกี่ยวกับกรอบความคิดเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาศักยภาพมนุษย์ซึ่งกำลังได้รับความสนใจทั้ง ในวงการศึกษา ธุรกิจ และสุขภาพ เนื่องจากทฤษฎีกรอบความคิดสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาศักยภาพมนุษย์ให้ประสบความสำเร็จ ทำให้ดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างมีความสุข (ชนิตา รุ่งเรือง และเสรี

ชัดเข้ม, 2559) โดย Dweck (2006) ได้อธิบายว่า กรอบความคิด (mindset) คือความเชื่อเกี่ยวกับ ลักษณะหรือคุณลักษณะของตนเอง ซึ่งได้จำแนกรอบความคิดออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) กรอบความคิดแบบจำกัด (fixed mindset) หมายถึง ความเชื่อของบุคคลที่มีต่อเชาวน์ปัญญา และความสามารถว่ามีอยู่อย่างจำกัดคงที่ ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้และ 2) กรอบความคิดแบบเติบโต (growth mindset) หมายถึง ความเชื่อของบุคคลที่มีต่อเชาวน์ปัญญาและ ความสามารถว่ามนุษย์สามารถพัฒนาได้ความล้มเหลวไม่ได้เกิดจากความโง่เขลา แต่เป็นสิ่งที่ช่วยให้มนุษย์ พัฒนาความสามารถของตนเองได้ดังนั้นการศึกษาในเรื่องกรอบความคิดแบบเติบโตจึงเป็นสิ่งที่ สำคัญมาก จากความสำคัญของกรอบความคิดแบบเติบโต ทำให้มีนักวิชาการจำนวนมากได้นำแนวคิด ดังกล่าวนี้ไป ใช้ในการศึกษาเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการ (Griffin, 2020) และความสำเร็จ ทางวิชาการ (Zintz, 2018) ในปีค.ศ. 2021 OECD ได้จัดทำเอกสารวิชาการเรื่อง Sky's the limit: Growth mindset, students, and schools in PISA ในเนื้อหาได้ อธิบายถึงการศึกษาความสัมพันธ์ ของกรอบความคิดแบบเติบโตกับความฉลาดรู้ ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านคณิตศาสตร์ ด้านการอ่าน และด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เข้าสอบ PISA ในปี 2018 ผลการศึกษาพบว่า กรอบความคิดแบบเติบโตกับคะแนน PISA หรือความฉลาดรู้ทั้ง 3 ด้านนั้น มีความสัมพันธ์กันทางบวก ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ เนื้อหาของเอกสารวิชาการดังกล่าว ยังมุ่งเน้นและสนับสนุน ให้ใช้วิธีการส่งเสริมกรอบความคิดแบบเติบโต เพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทั้ง 3 ด้าน ในการส่งเสริม กรอบความคิดแบบเติบโตนี้ OECD และนักวิชาการต่าง ๆ ได้เสนอแนวทางในการส่งเสริม กรอบความคิดแบบเติบโตไว้ดังนี้คือ การทำให้ผู้เรียนเชื่อมั่นว่าเขาสามารถเรียนรู้ได้การสอน โดยมุ่งเน้นว่าความผิดพลาดเป็นสิ่งที่ช่วยให้เราได้เรียนรู้และสร้างบรรยากาศทางการเรียนรู้เชิงบวก การสอนและมอบหมายงานที่ท้าทาย ความสามารถ และการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มุ่งเน้น เรื่องความพยายามแทนความฉลาดหรือความสามารถเพื่อ เสริมสร้างกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน (Heggart, 2015; Dweck, 2016; Brock & Hundley, 2016; OECD, 2021)

ความฉลาดรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ (Literacy in Mathematics) ความฉลาดรู้เป็นกุญแจ สำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในด้านเนื้อหาทางวิชาการในหลาย ๆ วิชา เช่น วิชาคณิตศาสตร์ การเรียนวิชาคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นั้น ต้องการมากกว่า ทักษะการคำนวณ นักเรียนทุกคนนี้ต้องมีความสามารถในการอ่านที่แข็งแกร่ง เพื่อให้บรรลุในระดับสูงในวิชาคณิตศาสตร์ การเชื่อมต่อระหว่างความรู้และคณิตศาสตร์ อาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์โดยส่วนใหญ่จะนำเสนอ แนวคิดของเนื้อหา ยกตัวอย่างเนื้อหาที่เรียนของวันนี้ ผู้สอนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาแล้วก็ให้การบ้าน หรืองานแบบนี้ในทุก ๆ วัน หรือเมื่อให้โจทย์ปัญหา อาจารย์ผู้สอนจะไม่พูดคุยสนทนากับนักเรียน ในระหว่างเรียนไม่มีการแลกเปลี่ยนวิธีการได้มาหรือวิธีการหาคำตอบ ดูคำตอบสุดท้าย

ของการแก้ปัญหา ไม่ค่อยให้ความสำคัญ หรือแนะนำการอ่าน และเขียน เป็นต้น ทั้งที่แท้จริงแล้ว การสอนให้นักเรียนเข้าใจการอ่านและการเขียนหรือเรียก กระบวนการนี้ว่าความฉลาดรู้ จะช่วยส่งเสริมกระบวนการในการแก้ปัญหาของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหา ตามแนวคิดของ Polya โพลยาได้กล่าวว่ากระบวนการในการ แก้ปัญหาประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้น ดังนี้ 1) ทำความเข้าใจปัญหา 2) วางแผนแก้ปัญหา 3) ดำเนินการตามแผน 4) ตรวจสอบ ซึ่งขั้นตอนแรกได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นการพิจารณาว่าสถานการณ์ ที่กำหนดให้เป็นปัญหาเกี่ยวกับอะไร ต้องการให้หาอะไร กำหนด อะไรให้บ้าง เกี่ยวข้องกับ ความรู้ใดบ้าง การทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งอาจใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อช่วย ให้เข้าใจมากขึ้น เช่น ใช้การวาดภาพ ใช้การเขียนตาราง หรือใช้การบอกหรือเขียนสถานการณ์ ปัญหาด้วยภาษา ของนักเรียนเอง นักเรียนต้องใช้การอ่าน และคิดออกมาเพื่อให้ได้สิ่งนี้ มันจะไม่มี ประโยชน์อันใดเลย ถ้านักเรียนไม่เข้าใจสิ่งนี้ตั้งแต่แรก แต่ถ้านักเรียนเข้าใจปัญหาได้แล้วนักเรียนก็ จะสามารถดำเนินการ ตามขั้นตอนต่อไปได้อย่างมีความหมาย จะเห็นว่าความฉลาดรู้ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการ ของการอ่านและการเขียน นักเรียนเข้าใจว่าสิ่งที่ อ่านอ่านเพื่ออะไร อ่านอย่างไร และควรนำกระบวนการใดมาใช้ในการแก้ปัญหา เมื่อบุคคลเข้าใจก็จะสามารถเขียนสิ่งที่ต้องการ แก้ปัญหาออกมา ผ่านการเขียนว่าเขียนอย่างไร แก้ไขอย่างไร และประเมินสิ่งที่เขียนว่าต้องแก้ไข ตรงไหนหรือไม่ สื่อสารออกมาจากการ เขียนได้ตรงกับที่คิดหรือไม่ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้มีขั้นตอน ที่ต้องพัฒนาให้สอดคล้องกันตลอด สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้น พื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ (2554) ได้กล่าวว่า สังคมในโลกยุคปัจจุบันเป็นยุค ของเศรษฐกิจ ฐานความรู้ มนุษย์ต้องใช้ชีวิตอยู่ท่ามกลางข้อมูลข่าวสารสารสนเทศต่าง ๆ มากมาย การที่แต่ละบุคคลสามารถเข้าถึงข้อมูลสามารถทำได้สะดวกเร็วขึ้น ถึงแม้แหล่งของข้อมูลความรู้ จะอยู่ไกลกันคนละซีกโลกก็ตาม การรับรู้เรื่องราวต่าง ๆ จึงเกิดขึ้นตลอดเวลา ทั้งจากการอ่าน การฟัง การดูผ่านสื่อต่าง ๆ ดังนั้นการพัฒนาผู้เรียนทั้งทางด้านการอ่าน ได้แก่ การอ่าน ต้องอ่านได้คล่อง เก็บประเด็นการอ่านได้ อ่านแล้วต้องคิดวิเคราะห์จากการอ่านได้ ไม่เพียงแต่ว่า อ่านได้อย่างเดียว แต่ไม่ทราบอะไรเลยจากเรื่องที่อ่าน นั่นคือจากการอ่านตกลึก มีเหตุผลประกอบ จนสามารถ นำไปเขียนเล่าเรื่องราวให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาการอ่าน คิดวิเคราะห์ และเขียน จำเป็นต้องปลูกฝังและพัฒนาให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยบูรณาการ ไปพร้อม ๆ กับการจัดการเรียนรู้ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ หรือการจัดโครงการ/กิจกรรมต่าง ๆ และขณะเดียวกันต้องมีการตรวจสอบว่าผู้เรียนมีความสามารถตามตัวชี้ วัดแล้วหรือไม่ การนำความฉลาดรู้มาใช้ในการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญ สำหรับการพัฒนาความฉลาดรู้ The Department of Education and Training Victoria (2019)

ได้ให้ความหมายความฉลาดรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ (Literacy in Mathematics) ว่าเป็น การฝึก และใช้กลวิธีของความฉลาดรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนา ความเข้าใจ ทางคณิตศาสตร์ และสื่อสารการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของพวกเขา การแก่นักเรียน โดยการนำความฉลาดรู้มาใช้ในการเรียนสอนในวิชาคณิตศาสตร์ จะช่วยให้พวกเขาเชื่อมโยงระหว่าง คำศัพท์ แนวคิด ทักษะและการเป็นตัวแทน ซึ่งเป็นการส่งเสริมและพัฒนาความ ฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) ของนักเรียน Keenan (2005) กล่าวว่า การอ่าน เป็นคุณสมบัติพื้นฐานของความฉลาดรู้ เป้าหมายของการอ่านคือการทำทำความเข้าใจข้อความ ความเข้าใจคือกิจกรรมขั้นสุดท้ายของการคิดเพื่อสรุปความหมายของข้อความ Wisconsin Department of Public Instruction ได้เสนอในแนวทางของผู้สอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ในห้องเรียนว่า ผู้สอนจะต้องผสมผสานการอ่าน การเขียน การพูด การฟัง และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการสอน และผู้สอนควรจะให้โอกาสนักเรียนพัฒนาความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ในบทเรียนที่เรียนด้วยการมีส่วนร่วมในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน สรุปได้ว่า การนำกลวิธีความฉลาดรู้มาใช้ในการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ การอ่าน แปลความหมายและวิเคราะห์จากการอ่านเพื่อเขียนสื่อความหมายในการ แก้ปัญหาที่พบ โดยใช้ความรู้และทักษะ เป็นการส่งเสริมและพัฒนาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งจะช่วยพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และเล็งเห็นความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์

ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) ทักษะความฉลาดรู้ (Literacy Skills) มีความสำคัญอย่างมากทั้งในโรงเรียนและในชีวิต ทักษะความฉลาดรู้ได้กลายเป็นสิ่งจำเป็น สำหรับการทำความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์และได้ถูกนำมาใช้ในการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในโลกจริง หรือเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ในห้องเรียน เป้าหมายของการใช้ทักษะความฉลาดรู้ในวิชาคณิตศาสตร์คือการส่งเสริมความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งขึ้น และเมื่อนำคำว่า Literacy มาใช้ในคณิตศาสตร์ ก็ได้มีองค์กร การศึกษาและนักวิชาการศึกษานิยามคำว่า Mathematical Literacy ไว้ต่างกัน ดังนี้ พจนานุกรม ศัพท์ศึกษาศาสตร์ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2555, น. 345) ได้ให้ ความหมายของ Mathematical literacy หรือ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งหมายถึง การนำ ความคิดรวบยอดและขั้นตอน ตลอดจนวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในสถานการณ์หรือบริบทในชีวิตจริง เพื่อใช้แก้ปัญหาที่พบ โดยให้เหตุผลประกอบ และสื่อความหมายออกมา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์แห่งชาติที่รับผิดชอบดำเนินการศึกษาวิจัย โดย สสวท. ได้ร่วมมือกับองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา หรือ OECD ดำเนินโครงการ ประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ได้ให้ ความหมายของ Mathematical Literacy

หรือที่เรียกว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ใน PISA 2012 หรือ ความฉลาดรู้คณิตศาสตร์ใน PISA 2021 ไว้ว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (2012) คือ ความสามารถของบุคคลในการใช้ คิด หรือตีความคณิตศาสตร์ในสถานการณ์หรือบริบทที่ หลากหลาย และในปี 2021 ได้ให้ความหมายของ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (2021) มีความหมายว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การใช้คณิตศาสตร์ในการแปลงปัญหาและตีความหมายของผลลัพธ์ในสถานการณ์หรือบริบทของชีวิตจริงหรือเสมือนจริง รวมถึง การใช้แนวคิด กระบวนการ ข้อเท็จจริง และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ในการอธิบาย หรือทำนาย ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่คณิตศาสตร์ไม่มีอิทธิพลในโลกนี้ โดยสิ่งเหล่านี้คือการสร้างพื้นฐานที่ดีในการสรุปและการตัดสินใจถือเป็นสิ่งสำคัญและเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับพลเมืองโลก อัมพร ม้าทอง (2557) ได้กล่าวไว้ว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการประมวลความรู้ และใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์มาประกอบการคิด เพื่อหาวิธี และดำเนินการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ Mathematical Council of the Alberta Teachers' Association (2005) ได้ให้ ความหมายของ Mathematical Literacy คือ การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง การใช้คณิตศาสตร์อย่างเหมาะสมกับบริบทที่มีความหลากหลาย การสื่อสารโดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ การสังเคราะห์วิเคราะห์ และการประเมินการคิดคณิตศาสตร์ของผู้อื่น เห็นถึงคุณค่า ประโยชน์และความสวยงามของคณิตศาสตร์ มีความเข้าใจและตระหนักต่อสิ่งที่เรารู้ใน คณิตศาสตร์ Department of Education (2546, น. 9) ได้ให้ความหมายของ Mathematical Literacy ว่า Mathematical Literacy จะช่วยให้ผู้เรียนมีความรอบคอบและเข้าใจในบทบาทของ คณิตศาสตร์ที่มีต่อโลกสมัยใหม่ได้ การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ยังเป็นตัวขับเคลื่อนพัฒนาคน โดยการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตได้ด้วยกัน นอกจากนั้นการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ยังทำให้ผู้เรียนพัฒนา ความสามารถและความมั่นใจในการคำนวณตัวเลขเพื่อที่จะแปลความหมาย และวิเคราะห์สถานการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อแก้ปัญหาได้

จากแนวคิดข้างต้น สรุปได้ว่าองค์กรการศึกษาและนักวิชาการศึกษาในประเทศไทย ได้ให้ความหมายของ Mathematical Literacy ไว้ในหลายรูปแบบ เช่น การรู้คณิตศาสตร์ การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ความฉลาดรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งล้วนมีหลักการเดียวกัน มีจุดประสงค์และมีความหมายไปในทางเดียวกัน

ดังนั้น ในงานวิจัยเล่มนี้ผู้วิจัยจึงขอใช้คำว่า ความฉลาดรู้ด้าน คณิตศาสตร์ ซึ่งมีความหมายว่า ความสามารถของบุคคลในการนำโน้ตทัศน์ทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรือบริบทในโลกจริงหรือเสมือนจริง โดยการเลือกยุทธวิธีแก้ปัญหา การปรับเปลี่ยนขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์หรือใช้ตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์มาอธิบายเนื้อหาสาระ พร้อมทั้งสามารถอธิบายความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์หรือข้อสรุปที่ได้ ซึ่งวัดได้จากการประเมิน

ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการดำเนินการประเมินทุกหน่วยการเรียนรู้และจากการให้นักเรียนทำคะแนนจากแบบทดสอบ

5. ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของ PISA 2021 เป็นอย่างไร PISA ได้นิยามความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของ PISA 2021 ไว้ว่า “ความสามารถของแต่ละบุคคลในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และสามารถแปลงปัญหา ใช้คณิตศาสตร์ และตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทของโลกชีวิตจริง รวมถึงการใช้แนวคิด กระบวนการ ข้อเท็จจริง และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อบรรยาย อธิบาย และคาดการณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้แต่ละบุคคลทราบถึงบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีต่อโลกนี้ และสร้างพื้นฐานที่ดีในการลงข้อสรุปและการตัดสินใจซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องมีความสร้างสรรค์ มีการคิดอย่างไตร่ตรอง และมีส่วนร่วมต่อสังคมส่วนรวม”



ภาพ 3 ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21

แนวทางในการพัฒนาและประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Competencies)

1. กรอบการประเมินคณิตศาสตร์ของ PISA 2021 ปรับเปลี่ยนไปอย่างไร PISA คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตมากขึ้น และการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 จึงทำให้มีการเน้นความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ซึ่งเป็นกระบวนการในการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน รวมถึงบริบทที่สอดคล้องกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของกรอบการประเมินนี้ โดยผนวกการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เข้ากับกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการ กระบวนการ และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ไว้ด้วยกัน กรอบการประเมินคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประเมิน PISA 2021 มี 3 องค์ประกอบ

1) การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งรวมถึงกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงสิ่งที่แต่ละบุคคลกระทำเพื่อเชื่อมโยงบริบทของปัญหาด้วยคณิตศาสตร์แล้วนำไปสู่การแก้ปัญหา

2) เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

3) บริบทที่ใช้ในแบบทดสอบซึ่งสัมพันธ์กับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

นอกจากนี้ PISA ได้ออกแบบกรอบการประเมินเพื่อให้สามารถวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ได้สอดคล้องกับระดับความสามารถของนักเรียนและครอบคลุมทุกระดับสมรรถนะ



ภาพ 4 การประเมินคณิตศาสตร์ของ PISA 2021 มี 3 องค์ประกอบหลัก

2. ความสัมพันธ์ระหว่างการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ กระบวนการแก้ปัญหา เนื้อหาคณิตศาสตร์ บริบท และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ตามกรอบการประเมินคณิตศาสตร์ PISA 2021 จะเห็นได้ว่า นักเรียนต้องสามารถนำความรู้จากเนื้อหาคณิตศาสตร์ มาใช้แก้ปัญหาในบริบทที่ท้าทายหรือปัญหาที่พบเจอในโลกชีวิตจริง เริ่มตั้งแต่การแปลงสถานการณ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้แล้ว ใช้หลักการ กระบวนการ และการเลือกใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อหาวิธีแก้ปัญหา นั้น จากนั้นประเมินวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา และตีความผลลัพธ์ที่ได้ให้อยู่ในบริบทของโลกชีวิตจริง ซึ่งในแต่ละกระบวนการแก้ปัญหามันต้องอาศัยการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการคิดไตร่ตรองถึงกระบวนการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินและตัดสินใจว่าน่าเชื่อถือของข้อมูล

นอกจากนี้ นักเรียนยังต้องนำกระบวนการคิดเชิงคำนวณมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อแยกส่วนและย่อยปัญหา เลือกใช้เครื่องมือคำนวณที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์หรือแก้ปัญหา และสร้างหรือระบุลำดับขั้นตอนของวิธีการแก้ปัญหา สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21

3. แนวทางการส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ นักเรียนควรได้รับการส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้การให้เหตุผลร่วมกับหลักการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ผ่านสถานการณ์ในชีวิตจริง ซึ่งกระบวนการเรียนรู้เช่นนี้จะช่วยเสริมสร้างกรอบแนวคิดด้านจำนวนและตัวเลขพร้อมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านกิจกรรมและแบบฝึกที่สนับสนุนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งจะเป็นการฝึกคิดฝึกแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ จนกลายเป็นทักษะความรู้เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ รวมถึงการสอนนักเรียนให้กล้าที่จะแสดงข้อคิดเห็นในการสนับสนุนหรือโต้แย้ง ด้วยการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อย่างเหมาะสมโดยมีพื้นฐานอยู่บนหลักการที่ถูกต้อง

กรอบการประเมินคณิตศาสตร์ของ PISA

1. จุดมุ่งหมายการประเมินผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เนื่องจากการประเมินผลของ PISA มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาตัวชี้วัดว่าระบบการศึกษาของประเทศที่ร่วมโครงการสามารถให้การศึกษาเพื่อเตรียมตัวเยาวชนอายุ 15 ปี ให้พร้อมที่จะมีบทบาท หรือมีส่วนสร้างสรรค์และดำเนินชีวิตอย่างมีคุณภาพในสังคมได้มากน้อยเพียงใด จึงมีจุดมุ่งหมายที่มองไปในอนาคตมากกว่าการจำกัดอยู่ที่การวัดและประเมินผลตามหลักสูตรที่นักเรียนได้เรียนในปัจจุบัน และการประเมินผลก็มุ่งความชัดเจนที่จะหาคำตอบว่านักเรียนสามารถนำสิ่งที่ได้ศึกษาเล่าเรียนในโรงเรียนไปใช้ในสถานการณ์ที่นักเรียนมีโอกาสที่จะต้องพบเจอในชีวิตจริงได้หรือไม่ จึงให้ความสำคัญกับปัญหา

ในชีวิตจริง ในสถานการณ์จริง ในบริบทของสถานการณ์ของธรรมชาติ สังคมและวัฒนธรรม ที่บุคคลนั้น ๆ อาศัยอยู่ และเนื่องจากการรู้เรื่องคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการดำเนิน ชีวิตประจำวัน และถือว่าการรู้เรื่องคณิตศาสตร์เป็นตัวชี้วัดบอกคุณภาพการศึกษา เพื่อการพัฒนา การประเมินทักษะเพื่อชีวิตในการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) มากกว่าการเรียนรู้หัวข้อคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรในโรงเรียน (สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ, 2549) จุดประสงค์ของการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ OECD/PISA เพื่อศึกษาว่าเยาวชน อายุ 15 ปี จะสามารถเป็นประชาชนที่รับรู้สาระ มีข้อมูลข่าวสาร และเป็นผู้บริโภคที่ฉลาดเพียงใด พลเมือง ของทุกชาติในปัจจุบันจะต้องเผชิญกับภารกิจที่ต้องใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เป็นต้นว่า การรับรู้ข่าวสารทุกวันนี้เต็มไปด้วยสาระในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งในรูปตาราง แผนผัง กราฟ ทั้งใน เรื่องราวที่เกี่ยวกับดิน ฟ้า อากาศ เศรษฐกิจ การแพทย์ การกีฬา ฯลฯ ประชาชนถูกโหม ด้วย สาระต่าง ๆ เป็นต้นว่า ก๊าซเรือนกระจกและโลกร้อน การเพิ่มขึ้นของประชากร การลดลง ของอาหาร ป่าไม้ ชีวิตชนบทที่สูญหายไป นอกจากนี้ประชาชนยังต้องอ่านสิ่งต่าง ๆ เช่น แบบฟอร์ม กำหนดการ ตารางเวลา ตารางค่าโดยสารรถไฟ การแลกเปลี่ยนเงิน และการติดราคาเพื่อที่จะให้ การซื้อแต่ละครั้งได้ประโยชน์สูงสุด การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ OECD/PISA จึงให้จุดเน้นที่สมรรถนะ ของเยาวชนอายุ 15 ปี ในการใช้ความรู้คณิตศาสตร์และความเข้าใจ เพื่อช่วยให้เข้าใจประเด็น หรือความจำเป็นอย่างอื่น ๆ มีความหมาย และทำให้ภารกิจนั้น ๆ สำเร็จลุล่วงไปได้ (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) ดังนั้นการประเมิน การรู้เรื่องคณิตศาสตร์จึงเน้นความชัดเจน ที่ต้องการให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่มีอยู่ในชีวิตในกระบวนการนี้ ต้องการทักษะหลายอย่าง เป็นต้นว่า ทักษะการคิด และการใช้เหตุผล ทักษะการโต้แย้ง การสื่อสาร ทักษะการสร้างตัวแบบ การตั้งปัญหาและการแก้ปัญหา การนำเสนอ การใช้สัญลักษณ์ การดำเนินการ ซึ่งนักเรียนต้องใช้ทักษะต่าง ๆ ที่หลากหลายมารวมกัน หรือทับซ้อน หรือคาบเกี่ยวกัน ทั้งนี้ โดยถือข้อตกลงเบื้องต้นว่าการที่คนคนหนึ่งจะใช้คณิตศาสตร์ได้ คนคนนั้นจะต้องมีความรู้พื้นฐาน และทักษะทางคณิตศาสตร์มากพออยู่แล้ว ซึ่งหมายถึงสิ่งที่นักเรียน ได้เรียนรู้ได้ในขณะที่อยู่โรงเรียน (สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ, 2551)

2. การประเมินผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ในโลกปัจจุบันทุกคนต้องใช้ความรู้ คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งในการดำเนินชีวิตประจำวัน การประเมินความรู้ และทักษะคณิตศาสตร์ของ PISA ไม่ได้เน้นความรู้ เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนตามหลักสูตรใน โรงเรียนโดยตรง แต่เน้นการประเมินการรู้เรื่องทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) ซึ่งนิยามไว้ในเชิงของสมรรถนะที่จะใช้คณิตศาสตร์ในโลกจริง ๆ ได้อย่างไร การประเมินการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์ของ PISA ให้ความสำคัญที่ความต้องการนำให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหา

ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในแวดวงของการดำเนินชีวิต ซึ่งต้องการให้นักเรียนระบุสถานการณ์ที่สำคัญของปัญหา กระตุ้นให้หาข้อมูล สืบสวนตรวจสอบและนำไปสู่การแก้ปัญหาตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อจุดเน้น: คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง PISA เลือกใช้คำว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ แทนคำว่า “ความรู้คณิตศาสตร์” ก็เพื่อเน้นความชัดเจนของความรู้ คณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ความต้องการสำหรับพลเมืองที่มีความคิดและสมรรถนะสูงเป็นความจำเป็นและส่งผลกระทบต่องานที่ทำในหน้าที่ทุก ๆ คน ไม่ว่าจะทำงานระดับใด จะถูกคาดหวังว่าจะไม่ใช่เฉพาะร่างกายและทำงานซ้ำ ๆ อย่างเดิมเท่านั้น แต่จะต้องพบกับความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและต้องสามารถปรับเปลี่ยนตัวเองให้สามารถจัดการกับเทคโนโลยี เครื่องจักรกล ต้องสามารถจัดการกับข้อมูลข่าวสารที่ถาโถมเข้ามาตลอดเวลา แนวโน้มของทุก ๆ อาชีพชี้บอกว่า “บุคคลต้องมีความสามารถที่จะเข้าใจสื่อสาร ใช้และอธิบายแนวคิดและวิธีการที่ยึดถือการคิดแบบคณิตศาสตร์เป็นหลัก” (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

3. กรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

สุชาติ ปัทมวิภาต (2557) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ หรือ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ช่วยให้รู้และเข้าใจบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีในชีวิตจริง โดยแบบทดสอบของ PISA ไม่ได้เน้นวัดความรู้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนตามหลักสูตรในโรงเรียน แต่เน้นการนำคณิตศาสตร์ที่เคยได้เรียน เอามาใช้ในสถานการณ์ของชีวิตจริง นักเรียนต้องสามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงในบริบทต่าง ๆ ที่หลากหลาย ทั้งที่เกิดใกล้ตัวหรือในสังคมภายนอก โดยนักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา เริ่มจากต้องคิดให้ได้ว่าคณิตศาสตร์ไปเกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้นอย่างไร และแปลงปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ แล้วใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ช่วยให้ได้ผลลัพธ์ จากนั้นจึงตีความและประเมินผลลัพธ์ที่ได้ไปสู่บริบทในชีวิตจริง แบบทดสอบของ PISA จะประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนว่าสามารถทำกระบวนการต่อไปนี้ได้ดีเพียงใด

การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

1. ระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริง
2. ทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น
3. แปลงปัญหาให้อยู่ในรูปแบบของคณิตศาสตร์

การใช้หลักการ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

1. คิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้
2. ใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสม

3. นำกฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ไปใช้ใน การแก้ปัญหา

การตีความ และประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

1. ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปสู่บริบทในชีวิตจริง

2. ประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหา

ชีวิตจริง

3. อธิบายความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์กับบริบท

ของปัญหา

สรุปได้ว่า แนวโน้มของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ตามความหมายของประเทศสมาชิก OECD/PISA ยอมรับและนำมาใช้ในการประเมินความพร้อมของเยาวชน ในการเป็นประชาชน ที่มี คุณภาพและมีสมรรถนะทางเศรษฐกิจในอนาคต อาจจะไม่เหมือนสิ่งที่เรากำลังพร่ำสอนกัน อยู่ในโรงเรียนนัก จุดเน้นของ OECD คือ คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง ซึ่งมีใช้หมายความว่าเพียง การนำความรู้ คณิตศาสตร์มาใช้เล็กน้อย ๆ เช่น นำมาคิดหาต้นทุน กำไร แต่ยังหมายรวมถึง การใช้คณิตศาสตร์สองทางคือ เมื่อรู้ว่าคุณคณิตศาสตร์และนำไปใช้ได้ยังไม่พอ แต่ต้องรู้จักโลก ของความจริง สามารถนำปัญหาจริง ๆ ที่พบในโลกมาคิดในเชิงของคณิตศาสตร์ สามารถแก้ปัญหา ในเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้ความรู้คณิตศาสตร์และแปลงการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไปตอบปัญหาในโลก ของความเป็นจริงอีกต่อหนึ่ง ดังนั้นคณิตศาสตร์ที่เป็นจุดเน้นของเขา คือ คณิตศาสตร์ในโลก ของความจริง การสอนคณิตศาสตร์จึงไม่จำกัดอยู่เฉพาะหัวข้อคณิตศาสตร์คลาสสิก ดังที่กำลังเน้นกัน อยู่ในหลักสูตรในโรงเรียนเท่านั้น

องค์ประกอบของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง สสวท. ที่ทำให้เกิดความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ OECD (2023)

1. องค์ประกอบที่ 1 การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เกี่ยวข้องกับการประเมินสถานการณ์ การเลือกกลยุทธ์ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา การสรุปที่สมเหตุสมผล การปรับปรุงและอธิบายที่มาของคำตอบ และการตระหนักถึงวิธีการประยุกต์ใช้วิธีแก้ปัญหาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความสามารถหรือการแสดงพฤติกรรมต่อไปนี้

- ระบุนิยามที่รู้จัก จัดระบบ เชื่อมโยง และแสดงแทนสิ่งที่เกี่ยวข้อง
- สร้าง คิดเชิงนามธรรม ประเมิน สรุปความ แสดงเหตุผล อธิบาย และแก้ต่าง
- ตีความ ตัดสินใจ วิเคราะห์ ได้แย้ง และทำให้เหมาะสม

ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล และการอ้างเหตุผลที่ไม่ลำเอียง และมีความน่าเชื่อถือ เป็นทักษะที่มีความสำคัญมากขึ้นในโลกยุคปัจจุบัน คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสัญลักษณ์และแนวคิดต่าง ๆ ที่ได้มีการนิยามไว้อย่างชัดเจน ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ และแปลงให้อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ โดยใช้ “การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์” เพื่อให้ได้ข้อสรุป ที่มีความชัดเจน นักเรียนเรียนรู้จากคณิตศาสตร์ว่าการให้เหตุผลอย่างเหมาะสมจะทำให้ได้ผลลัพธ์ และข้อสรุปที่มั่นใจได้ว่ามีความถูกต้องเป็นข้อสรุปที่สมเหตุสมผล ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริง และไม่มี ความลำเอียง การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญอย่างมากในโลกปัจจุบัน และสามารถจำแนกได้สองลักษณะ ได้แก่ (1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นการสรุปจากสมมติฐานหรือสิ่งที่ยอมรับว่าเป็นจริง การให้เหตุผลแบบนี้เป็นลักษณะเฉพาะหนึ่งของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และ (2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลในเชิงสถิติและความน่าจะเป็น ซึ่งในปัจจุบันมักมีความสับสนและเข้าใจผิดบ่อยครั้ง ระหว่างความเป็นไปได้ (Possible) และโอกาสที่จะเกิดขึ้น (Probable) ทำให้หลายคนหลงเชื่อ ขว้างหวง นอกจากนี้ โลกปัจจุบันยังมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นและความซับซ้อนเหล่านั้นประกอบไปด้วยข้อมูลต่าง ๆ จำนวนมาก การทำความเข้าใจกับข้อมูลเหล่านั้นจึงเป็นหนึ่งในความท้าทาย ที่มนุษย์จะต้องพบเจอในอนาคต นักเรียนควรมีโอกาสได้ทำความเข้าใจกับข้อมูลในลักษณะดังกล่าว และการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในบริบทที่มีความแปรผันและไม่แน่นอน การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความเข้าใจหลัก ในเรื่องต่อไปนี้

- ความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณ ระบบจำนวน และสมบัติ
- การเห็นคุณค่าของการคิดเชิงนามธรรมและการแสดงแทนด้วยสัญลักษณ์
- การมองเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์และข้อกำหนดต่าง ๆ
- การตระหนักถึงความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่แทนด้วยตัวแปร
- การสร้างและใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อทำให้เห็นสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

เช่น สิ่งที่เกิดขึ้นในทางวิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สังคมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ และพฤติกรรมศาสตร์

- ความเข้าใจว่าการแปรผันเป็นแก่นสำคัญของวิชาสถิติ

ความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณ ระบบจำนวน และสมบัติ ความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณ ระบบจำนวน และสมบัติ ในที่นี้หมายถึงรวมถึงโมโนทัศน์พื้นฐานของจำนวน โครงสร้างของระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน และสมบัติทางพีชคณิตที่มีในระบบจำนวน นักเรียนควรเข้าใจว่า เมื่อระบบจำนวนมีขอบเขตกว้างขึ้นจะทำให้สามารถหาคำตอบของสมการที่ซับซ้อนมากขึ้นได้

ซึ่งเป็นพื้นฐานของการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถมองเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงได้มากขึ้นไปพร้อมกับการเรียนคณิตศาสตร์ของตนเอง อย่างไรก็ตาม จำนวนต่าง ๆ โดยตัวของมันเองยังใช้ประโยชน์ไม่ได้มากนัก สิ่งที่สามารถนำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ ระบบจำนวน ซึ่งหมายรวมถึงการดำเนินการของจำนวนเหล่านั้น ดังนั้น ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับการดำเนินการของจำนวนจึงเป็นพื้นฐานของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจอย่างรอบด้านเกี่ยวกับปริมาณและระบบจำนวนจะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริงได้

การเห็นคุณค่าของการคิดเชิงนามธรรมและการแสดงแทนด้วยสัญลักษณ์ แนวคิดพื้นฐานของคณิตศาสตร์เกิดจากประสบการณ์ต่าง ๆ ของมนุษย์และความจำเป็นที่ต้องสร้างความสัมพันธ์ กำหนดลำดับเหตุการณ์ และคาดการณ์จากประสบการณ์เหล่านั้น หลายสิ่งในทางคณิตศาสตร์เป็นแบบจำลองของสิ่งที่อยู่ในชีวิตจริง หรืออย่างน้อยก็สะท้อนมุมมองบางด้านของชีวิตจริง การคิดเชิงนามธรรมประกอบด้วยการพิจารณาโครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ แล้วนำมาสร้างเป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเหล่านั้นบนพื้นฐานของโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน สำหรับคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียน การคิดเชิงนามธรรมคือ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เป็รูปธรรมไปสู่การแทนด้วยสัญลักษณ์และการดำเนินการ รวมถึงอัลกอริทึมและการสร้างแบบจำลองทางความคิด ความสามารถในการคิดเชิงนามธรรมนี้มีบทบาทต่อการทำความเข้าใจความหมายในบริบทที่เป็นนามธรรมของเทคโนโลยี ซึ่งเป็นทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สำคัญทักษะหนึ่ง นักเรียนสามารถใช้การแสดงแทนได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งในรูปแบบข้อความ สัญลักษณ์ กราฟ ตัวเลข เรขาคณิต และการเขียนโปรแกรม เพื่อจัดระบบและสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ของตนเองการแสดงแทนในรูปแบบต่าง ๆ นี้ ช่วยให้เราสามารถนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่สั้น กระชับ ซึ่งนำไปสู่อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพ การแสดงแทนยังเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนสามารถแปลงปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การเห็นคุณค่าของการคิดเชิงนามธรรมและการแสดงแทนด้วยสัญลักษณ์จะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง โดยจะช่วยให้นักเรียนสามารถขยายแนวคิดที่เฉพาะเจาะจงของสถานการณ์หนึ่งไปสู่แนวคิดที่มีลักษณะทั่วไป และสามารถอธิบายสิ่งเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การมองเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์และข้อกำหนดต่าง ๆ โครงสร้างทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์อย่างมากกับการแสดงแทนด้วยสัญลักษณ์ ซึ่งควรใช้เท่าที่จำเป็นเพื่อสื่อความหมายของสัญลักษณ์นั้น การมองเห็นโครงสร้างเป็นวิธีหนึ่งของการค้นหาและจดจำความหมายของการแสดงแทนที่เป็นนามธรรม ความสามารถในการมองเห็นโครงสร้าง

ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องช่วยเชิงมโนทัศน์ที่สำคัญอันจะนำไปสู่ความรู้เชิงกระบวนการ ความสามารถในการมองเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์จะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง โดยจะช่วยให้นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้เกี่ยวกับสถานการณ์หรือปัญหาในบริบทหนึ่งไปใช้กับสถานการณ์หรือปัญหาในอีกบริบทหนึ่งที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน

การตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่แทนด้วยตัวแปร
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่แทนด้วยตัวแปร แสดงได้ด้วยสมการ กราฟ ตาราง หรือข้อความ และขั้นตอนที่สำคัญในการเรียนรู้คือ การแทนความสัมพันธ์ด้วยฟังก์ชันพร้อมโดเมนและโคโดเมน ตลอดจนการหาผลลัพธ์จากสิ่งที่นำเข้า นอกจากนี้กราฟของฟังก์ชันยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเปลี่ยนแปลง กราฟจึงเป็นเครื่องมือสำหรับทำความเข้าใจฟังก์ชันซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่แทนด้วยตัวแปร การตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง จะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลของนักเรียน โดยทำให้นักเรียนมุ่งความสนใจไปที่ความเชื่อมโยงและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสถานการณ์นั้น ๆ

การสร้างและใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อทำให้เห็นสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง
ตัวแบบเป็นการนำเสนอกรอบแนวคิดในอุดมคติของสถานการณ์ในชีวิตจริง ตัวแบบอาจนำเสนอกรอบแนวคิดที่เป็นการประมาณค่าหรือการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ศึกษา หรืออาจนำเสนอรูปร่างอย่างง่ายของสิ่งที่สนใจ ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ถูกสร้างให้อยู่ในรูปภาษาทางคณิตศาสตร์ และมีการใช้เครื่องมือและความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย เช่น เลขคณิต พีชคณิต หรือเรขาคณิต โดยใช้สิ่งเหล่านี้ในการกำหนดแนวคิดหรือทฤษฎีของปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อวิเคราะห์และประเมินข้อมูล โดยตรวจสอบว่าตัวแบบนั้นใช้กับข้อมูลที่มีอยู่ได้หรือไม่ และเพื่อสร้างข้อคาดการณ์

นอกจากนี้ เราใช้ตัวแบบเพื่อสร้างสถานการณ์จำลอง โดยสร้างให้ตัวแบบแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หรือด้วยการป้อนข้อมูลที่มีความหลากหลายเข้าไปเมื่อเราสามารถสร้างสถานการณ์จำลองได้ เราจะสามารถสร้างข้อคาดการณ์ ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้น และประเมินความเหมาะสมและความแม่นยำของตัวแบบนั้นได้ ขั้นตอนและกระบวนการสร้างตัวแบบนั้นต้องคำนึงถึงความจำเป็นของตัวแปรเสริมที่มีอยู่ในชีวิตจริงซึ่งมีผลกระทบต่อตัวแบบ การสร้างตัวแบบทั่วไปและตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลของนักเรียนในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง โดยจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมุ่งความสนใจไปยังสิ่งที่สำคัญที่สุดของสถานการณ์และช่วยจำกัดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจน

ความเข้าใจว่าการแปรผันเป็นแก่นสำคัญของวิชาสถิติ วิชาสถิติตั้งอยู่บนแนวคิดพื้นฐานเรื่องการจัดการกับความแปรผัน ในปัจจุบันผู้คนที่ต้องจัดการกับสถานการณ์เหล่านี้ย่อมเจอ แต่พวกเขามักจะเพิกเฉยต่อความแปรผัน และผลลัพธ์ที่ตามมาคือการมองสถานการณ์ในภาพรวมกว้าง ๆ ซึ่งบ่อยครั้งทำให้เกิดความผิดพลาดหรือนำไปสู่ความเข้าใจที่ผิด และอาจก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงได้ ความเอนเอียงที่เกิดขึ้นในทางสังคมศาสตร์มักเกิดจากการละเลยถึงแหล่งที่มาและความสำคัญของความแปรผันในสิ่งที่ศึกษา สถิติในหลายกรณีเป็นการค้นหารูปแบบในบริบทที่มีความแปรผันสูง หรือเป็นการค้นหา “ความจริง” ซึ่งไม่ใช่ความจริงตามความหมายของคณิตศาสตร์ แต่เป็นการหาค่าประมาณในบริบทของความน่าจะเป็นควบคู่ไปกับการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนที่พบในกระบวนการ ในที่สุดแล้วผู้ที่ต้องตัดสินใจจะไม่สามารถรู้ได้อย่างแน่นอนว่าค่าจริงดังกล่าวคืออะไร แต่ค่าประมาณที่หามาได้นั้นจะอยู่ในช่วงของค่าที่เป็นไปได้ถ้ากระบวนการดีขึ้นจะทำให้ได้ผลลัพธ์ดีขึ้นด้วย เช่น การใช้ข้อมูลจำนวนมากขึ้น จะช่วยให้ช่วงของค่าที่เป็นไปได้แคบลง แต่ก็ยังหลีกเลี่ยงการได้คำตอบเป็นช่วงไม่ได้ การเข้าใจว่าความแปรผันเป็นแก่นของวิชาสถิติจะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลของนักเรียนในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง โดยจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้เผชิญกับการโต้แย้งโดยอ้างอิงข้อมูลร่วมกับการตระหนักถึงข้อจำกัดของข้อสรุปที่ได้

การแก้ปัญหา ในการแก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริงตามนิยามของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้

- การคิด/แปลงสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ หรือ “คิด/แปลงปัญหา” (Formulate)
- การใช้โมเดล ข้อเท็จจริง วิธีการ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา หรือ “ใช้คณิตศาสตร์” (Employ)
- การตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ หรือ “ตีความและประเมินผลลัพธ์” (Interpret and evaluate)

การคิด/แปลงสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ หรือ “คิด/แปลงปัญหา” (Formulate) คำว่า “คิด/แปลง” ตามนิยามความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง สมรรถนะในการแยกแยะและรู้ถึงโอกาสที่จะใช้คณิตศาสตร์ และใช้ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในการแปลงสถานการณ์ให้เป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนการแปลงสถานการณ์ให้เป็นบริบททางคณิตศาสตร์ แต่ละบุคคลจะต้องพิจารณาว่าจะนำความรู้คณิตศาสตร์ส่วนใดมาวิเคราะห์ จัดการ และแก้ปัญหา พวกเขาจะต้องแปลงสิ่งที่อยู่ในชีวิตจริงให้อยู่ในบริบทของคณิตศาสตร์ กำหนดโครงสร้าง การแสดงแทน และข้อมูลทางคณิตศาสตร์ให้กับปัญหา

ในชีวิตจริงนั้น โดยต้องพิจารณาและทำความเข้าใจถึงข้อจำกัดและสมมติฐานต่าง ๆ ในปัญหา กระบวนการในการคิด/แปลงสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์นี้ ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ เช่น

- การเลือกใช้ตัวแบบที่เหมาะสม
- การระบุมุมมองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาที่อยู่ในบริบทของชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ
- การตระหนักถึงโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ รวมถึงข้อกำหนด ความสัมพันธ์ และแบบรูป ที่อยู่ในปัญหาหรือสถานการณ์
- การจัดการสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายและสะดวกต่อการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ เช่น ใช้วิธีการแยกส่วนประกอบ หรือแบ่งปัญหาใหญ่ให้เป็นปัญหาย่อย
- การระบุข้อจำกัดและสมมติฐาน รวมทั้งการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์
- การแสดงแทนสถานการณ์ด้วยคณิตศาสตร์ โดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพ และตัวแบบที่เหมาะสม
- การแสดงแทนปัญหาในรูปแบบที่แตกต่าง รวมถึงการจัดโครงสร้างปัญหาตามมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม
- ความเข้าใจและการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาในบริบทที่จำเพาะของปัญหา กับสัญลักษณ์และภาษาที่เป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการนำเสนอปัญหานั้นในเชิงคณิตศาสตร์
- การแปลงปัญหาให้เป็นภาษาคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทนทางคณิตศาสตร์
- การตระหนักว่าปัญหาหนึ่ง ๆ มีประเด็นที่เชื่อมโยงกับปัญหาเดิม หรือมโนทัศน์ข้อเท็จจริง หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์อย่างไร
- การเลือกและการใช้วิธีการและเครื่องมือคำนวณที่มีประสิทธิภาพที่สุดที่แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในบริบทของปัญหา
- การสร้างลำดับขั้นตอนเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

การใช้มโนทัศน์ ข้อเท็จจริง วิธีการ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา หรือ “ใช้คณิตศาสตร์” (Employ) คำว่า “ใช้” ตามนิยามความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง สมรรถนะในการประยุกต์ใช้มโนทัศน์ ข้อเท็จจริง วิธีการ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้สถานการณ์ปัญหาซึ่งได้แปลงให้อยู่ในรูปคณิตศาสตร์แล้ว เพื่อให้ได้ข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนการประยุกต์ใช้มโนทัศน์ ข้อเท็จจริง วิธีการ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหานั้น แต่ละบุคคลต้องแสดงการดำเนินการตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์และหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อาทิ การคำนวณเบื้องต้น การแก้สมการ การอนุมานด้วยหลักเหตุผลจากสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ การจัดการกับ

สัญลักษณ์ การพิจารณาเลือกข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากตารางหรือกราฟ การแสดงและการจัดการกับรูปเรขาคณิตสามมิติ และการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นต้น นักเรียนต้องดำเนินการกับตัวแบบของสถานการณ์ปัญหา สร้างข้อกำหนด ระบุความเกี่ยวข้องกับสิ่งต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และสร้างข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ กระบวนการในการใช้โมเดล ข้อเท็จจริง วิธีการ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ เช่น

- การแสดงการคำนวณอย่างง่าย
- การสร้างข้อสรุปอย่างง่ายการเลือกใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสม
- การออกแบบกลยุทธ์ต่าง ๆ และนำกลยุทธ์เหล่านั้นไปใช้เพื่อหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาคำตอบที่เป็นค่าแน่นอนหรือค่าประมาณ
- การใช้ข้อเท็จจริง กฎ อัลกอริทึม และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบ
- การจัดการกับตัวเลข ข้อมูลและสารสนเทศที่น่าเสนอด้วยกราฟและในเชิงสถิตินิพจน์และสมการเชิงพีชคณิต และการแสดงแทนทางเรขาคณิต
- การสร้างแผนภาพ กราฟ และแบบจำลองสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ และการสร้างและสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านี้
- การใช้การแสดงแทนในรูปแบบต่าง ๆ และการปรับเปลี่ยนการแสดงแทนระหว่างรูปแบบต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา
- การสร้างข้อสรุปในรูปทั่วไปและข้อคาดการณ์ที่มีพื้นฐานมาจากผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์ใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา
- การสะท้อนการอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการอธิบายและตรวจสอบผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์
- การประเมินความสำคัญของแบบรูปและลักษณะปกติของข้อมูลที่สังเกตได้ (หรือที่สร้างขึ้น)

การตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ หรือ “ตีความและประเมินผลลัพธ์” (Interpret and evaluate) คำว่า “ตีความและประเมิน” ตามนิยามความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ มุ่งเน้นสมรรถนะในการสะท้อนวิธีแก้ปัญหา ผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ และตีความสิ่งเหล่านี้ในบริบทของปัญหาในชีวิตจริงที่เป็นปัญหาเริ่มต้นได้รวมถึงการแปลความหมายของวิธีแก้ปัญหาหรือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์กลับไปยังบริบทของปัญหาแล้วพิจารณาว่า ผลลัพธ์ที่ได้นั้นมีความสมเหตุสมผลและมีความหมายในบริบทของปัญหา

หรือไม่ การตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นการรวมองค์ประกอบของวัฏจักรการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์สองด้านไว้ด้วยกัน คือ “ตีความ” และ “ประเมิน” บุคคลที่ใช้กระบวนการนี้จะต้องสร้างและสื่อสารคำอธิบายและข้อโต้แย้งในบริบทของปัญหาเริ่มต้น โดยต้องสะท้อนทั้งกระบวนการสร้างตัวแบบและผลลัพธ์ที่ได้มา กระบวนการในการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมิน ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์นี้ ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ เช่น

- การตีความสารสนเทศที่แสดงอยู่ในรูปของกราฟและ/หรือแผนภาพ
- การประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทของปัญหา
- การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปยังบริบทของชีวิตจริง
- การประเมินความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาในชีวิตจริง
- การเข้าใจว่าชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณในกระบวนการทางคณิตศาสตร์หรือตัวแบบทางคณิตศาสตร์อย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าควรจะต้องปรับปรุงหรือนำผลลัพธ์ไปใช้อย่างไร
- การอธิบายเหตุผลว่าผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ที่ได้นั้นสมเหตุสมผลหรือไม่สมเหตุสมผลตามบริบทของปัญหาในชีวิตจริง
- การเข้าใจถึงขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดทางคณิตศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- การวิจารณ์และการระบุข้อจำกัดของตัวแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหา
- การใช้การคิดเชิงคณิตศาสตร์และแนวคิดเชิงคำนวณในการคาดการณ์ การแสดงหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้ง และตรวจสอบและเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้

2. องค์ประกอบที่ 2 เนื้อหาทางคณิตศาสตร์

ความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ รวมถึงความสามารถที่จะนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้จริงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับพลเมืองในโลกยุคปัจจุบัน นั่นคือ การให้เหตุผลในเชิงคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหา และการตีความสถานการณ์ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับเรื่องส่วนตัว อาชีพ สังคม และวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้ความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ครอบคลุมของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประเมิน PISA 2022 ยังคงเป็นเช่นเดียวกับใน PISA 2012 เพื่อสะท้อนถึงปรากฏการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่อยู่เบื้องหลังกลุ่มของปัญหาจำนวนมาก โครงสร้างทั่วไปของคณิตศาสตร์ และเนื้อหาสาระหลักในหลักสูตรของโรงเรียนโดยทั่วไป โครงสร้างการประเมินด้านคณิตศาสตร์ครอบคลุมเนื้อหา 4 หมวดหมู่ ดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ (Change and Relationships)

- ปริภูมิและรูปทรง (Space and Shape)
- ปริมาณ (Quantity)
- ความไม่แน่นอนและข้อมูล (Uncertainty and Data)

นอกจากนี้ ใน PISA 2022 ยังได้เพิ่มหัวข้อที่เป็นจุดเน้น 4 หัวข้อ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ประเมินในแต่ละหมวดหมู่ เนื่องจากเป็นความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในระบบเศรษฐกิจที่กำลังจะเกิดขึ้น อาทิ อุตสาหกรรมการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง โดยหัวข้อที่เป็นจุดเน้นทั้ง 4 หัวข้อ สอดคล้องกับเนื้อหาแต่ละหมวดหมู่ ดังนี้

- สถานการณ์การเพิ่มจำนวน อยู่ในหมวดหมู่การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์
- การประมาณค่าเชิงเรขาคณิต อยู่ในหมวดหมู่ปริภูมิและรูปทรง
- การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ อยู่ในหมวดหมู่ปริมาณ
- การตัดสินใจแบบมีเงื่อนไข อยู่ในหมวดหมู่ความไม่แน่นอนและข้อมูล

การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์

เราสามารถพบเห็นความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับสภาพแวดล้อมทั้งชั่วคราวและถาวรได้หลากหลายรูปแบบจากสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระบบของวัตถุที่มีความเชื่อมโยงกัน หรือในสถานการณ์ที่องค์ประกอบต่าง ๆ ส่งผลซึ่งกันและกัน ในบางกรณีการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป และบางกรณีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งหนึ่งหรือปริมาณหนึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของอีกสิ่งหนึ่งหรืออีกปริมาณหนึ่ง บางสถานการณ์อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่อง ดังนั้น เนื้อหาการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์จึงเกี่ยวข้องกับความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงแบบต่าง ๆ และการรับรู้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เพื่อที่จะใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการอธิบายและทำนายการเปลี่ยนแปลง ในทางคณิตศาสตร์หมายถึงการสร้างตัวแบบของการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันและสมการที่เหมาะสม รวมถึงการสร้างการตีความ และการแสดงแทนความสัมพันธ์ด้วยสัญลักษณ์และกราฟ การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์พบได้ในหลายเรื่อง เช่น การเพิ่มจำนวนของสิ่งมีชีวิต รูปแบบของเสียงดนตรี การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลและวัฏจักร แบบแผนของสภาพอากาศ ระดับการจ้างงาน และสถานะทางเศรษฐกิจ ในมุมมองของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์แบบดั้งเดิม ฟังก์ชันและพีชคณิต หมายรวมถึงนิพจน์พีชคณิต สมการและอสมการ และการแสดงแทนในรูปของตารางและกราฟ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างคำอธิบาย การสร้างตัวแบบ และการตีความปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เครื่องมือเชิงคำนวณช่วยให้เราเห็นภาพและมีปฏิสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ได้ ดังนั้น การรู้เครื่องมือเชิงคำนวณสามารถเป็นส่วนเสริมและเติมเต็มแนวคิด

ทางคณิตศาสตร์ได้เมื่อไรและอย่างไร จึงถือว่าเป็นทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สำคัญทักษะหนึ่ง การทำความเข้าใจภัยอันตรายของสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวน เช่น การแพร่ระบาดของโรคไข้หวัดใหญ่ การแพร่กระจายอย่างรุนแรงของเชื้อแบคทีเรีย และภัยคุกคามของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ต้องใช้ความคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ทั้งความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น และความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพเนนเชียล และยังมีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่นด้วย ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเป็นความสัมพันธ์ที่พบได้ทั่วไป ง่ายต่อการจดจำและเข้าใจ แต่การตั้งสมมติฐานว่าความสัมพันธ์ที่พบเจอนั้นเป็นความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในทันทีอาจทำให้เกิดความผิดพลาดร้ายแรงได้ ตัวอย่างหนึ่งของความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นที่ทุกคนน่าจะเคยใช้คือ การประมาณระยะทางที่เดินทางได้ในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อกำหนดความเร็วของการเดินทางมาให้ แต่ในตัวอย่างเรื่องการแพร่ระบาดของโรคไข้หวัดใหญ่นั้น การใช้ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในการอธิบายปรากฏการณ์นี้อาจจะได้ตัวเลขแสดงจำนวนผู้ป่วยที่ติดเชื่อหลังจากเริ่มการแพร่ระบาดไปแล้ว 5 วัน เป็นจำนวนที่น้อยกว่าจำนวนที่เกิดขึ้นจริงมาก ดังนั้น ความเข้าใจเรื่องความสัมพันธ์ของการเพิ่มจำนวนแบบไม่เป็นเชิงเส้น รวมถึงแบบกำลังสอง และแบบเอกซ์โพเนนเชียล และความเข้าใจว่าการติดเชื้อสามารถแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วเพียงใด เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนผู้ป่วยที่ติดเชื้อเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละวันจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก การแพร่ระบาดของไวรัสซิกาเป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่สำคัญ การรับรู้สถานการณ์นี้เป็นการเพิ่มจำนวนแบบเอกซ์โพเนนเชียลช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์เข้าใจถึงภัยคุกคามที่แฝงตัวอยู่ และเตรียมการรับมือได้อย่างทันท่วงที การกำหนดให้สถานการณ์การเพิ่มจำนวนเป็นจุดเน้นของเนื้อหาในหมวดหมู่การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ไม่ได้หมายความว่านักเรียนที่เข้าร่วมการประเมินจะต้องมีความรู้เรื่องฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลมาก่อนและข้อสอบไม่ต้องใช้ความรู้เรื่องฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล แต่จะมีข้อสอบที่คาดหวังให้นักเรียนต้อง (1) ตระหนักถึงความสัมพันธ์ทุกความสัมพันธ์ไม่ได้เป็นเชิงเส้นเสมอไป (2) รู้ว่าการเพิ่มจำนวนแบบไม่เป็นเชิงเส้นมีความหมายโดยนัยที่เฉพาะและลึกซึ้งต่อความเข้าใจกับบางสถานการณ์ (3) เข้าใจเบื้องต้นในความหมายของการเพิ่มจำนวนแบบเอกซ์โพเนนเชียลว่าเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ปริภูมิและรูปทรง

ปริภูมิและรูปทรงเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือต้องอาศัยจินตนาการ เช่น แบบรูป สมบัติของวัตถุ ตำแหน่งและการกำหนดทิศทาง การแสดงแทนวัตถุต่าง ๆ การเข้ารหัสและถอดรหัสของข้อมูลที่ต้องอาศัยการนิยามภาพ การมีปฏิสัมพันธ์กับรูปร่างต่าง ๆ ทั้งแบบจับต้องได้และแบบที่เป็นการแสดงแทน การเคลื่อนที่ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและความสามารถในการคาดหวังสิ่งที่จะเกิดขึ้นในปริภูมิ เราคาดคิดเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับเนื้อหา

ปริภูมิและรูปทรง แต่เนื้อหาในหมวดหมู่นี้ขยายขอบเขตไปกว้างกว่าเนื้อหาสาระของเรขาคณิตทั่วไป ทั้งในแง่เนื้อหา ความหมาย และวิธีการ โดยมีการผนวกองค์ประกอบของคณิตศาสตร์สาขาอื่น ๆ เข้ามาด้วย เช่น การนิยามภาพ การวัด และพีชคณิต PISA มีสมมติฐานว่า ความเข้าใจแนวคิดและทักษะหลักมีความสำคัญต่อความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับปริภูมิและรูปทรง โดยความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในเนื้อหาปริภูมิและรูปทรงเกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น ความเข้าใจเรื่องมุมมองในการวาดภาพ การสร้างและการอ่านแผนที่ การแปลงทางเรขาคณิตโดยใช้และไม่ใช้เทคโนโลยี การตีความภาพสามมิติจากมุมมองต่าง ๆ และการสร้างรูปต่าง ๆ โลกทุกวันนี้เต็มไปด้วยสิ่งที่มีรูปหรือทรงแบบต่าง ๆ ไม่ใช่เฉพาะรูปหรือทรงที่มีความสมมาตรหรือมีแบบรูปปกติ เนื่องจากการหาพื้นที่หรือปริมาตรของสิ่งเหล่านี้ไม่สามารถใช้สูตรได้โดยตรง เช่น การหาพื้นที่สำหรับการปูพรมในตึกแห่งหนึ่งซึ่งมีมุมแหลมกับส่วนโค้งแคบ ๆ จะยากกว่าการหาพื้นที่ของห้องรูปสี่เหลี่ยม ดังนั้น ความเข้าใจในเรื่องการประมาณค่าเชิงเรขาคณิตจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นในโลกยุคปัจจุบัน การกำหนดให้การประมาณค่าเชิงเรขาคณิตเป็นจุดเน้นของเนื้อหาในหมวดหมู่ปริภูมิและรูปทรงนั้น เป็นการบ่งบอกถึงความจำเป็นสำหรับนักเรียนที่ต้องสามารถใช้ความเข้าใจในเรื่องของปริภูมิและรูปทรงในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย

ปริมาณ

แนวคิดเกี่ยวกับการแสดงปริมาณต่าง ๆ และการใช้ความรู้เกี่ยวกับปริมาณ ต้องมีความเข้าใจในเรื่องการวัด การนับ ขนาด หน่วยวัด ตัชนี การเปรียบเทียบขนาด และแนวโน้ม และแบบรูปเชิงจำนวน นอกจากนี้ การให้เหตุผลเชิงปริมาณ เช่น ความรู้สึกเชิงจำนวน การแสดงแทนจำนวนด้วยวิธีต่าง ๆ ความละเอียดรอบคอบในการคำนวณ การคิดเลขในใจ การประมาณค่า และการประเมินความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ ล้วนเป็นสิ่งจำเป็นของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ในเนื้อหาเรื่องปริมาณ การแสดงปริมาณเป็นวิธีการขั้นพื้นฐานของการอธิบายและการวัดลักษณะต่าง ๆ ที่มีอยู่มากมายในโลก ช่วยให้เราสร้างตัวแบบของสถานการณ์ต่าง ๆ ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ อธิบายและจัดการเกี่ยวกับปริภูมิและรูปทรง จัดการและตีความข้อมูล ตลอดจนวัดและประเมินความไม่แน่นอน ดังนั้น การมีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในเนื้อหาปริมาณ จึงเป็นการนำความรู้เรื่องจำนวนและการดำเนินการของจำนวนไปใช้ในบริบทที่หลากหลาย บางปัญหาที่พบทั้งในคณิตศาสตร์และสถิติไม่สามารถหาคำตอบได้โดยง่าย เนื่องจากต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน หรือเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก หรือเนื่องจากประเด็นด้านจริยธรรมเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตหรือสภาพแวดล้อม ส่งผลให้ในปัจจุบันมีการใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านอัลกอริทึมมาช่วยแก้ปัญหา เราสามารถใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ช่วยทำการคำนวณ โดยเราทำเพียงวางแผน ทำนาย และหาคำตอบ

ของปัญหาโดยใช้ข้อมูลจากตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นความเข้าใจในเรื่องการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญในโลกยุคปัจจุบัน การกำหนดให้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นจุดเน้นของเนื้อหาในหมวดหมู่ปริมาณนั้นเป็นการบ่งบอกว่าในบริบทการประเมินผลคณิตศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ (Computer-Based Assessment of Mathematics : CBAM) ของ PISA ที่เริ่มใช้ในรอบการประเมิน PISA 2022 จะมีสถานการณ์ของปัญหาที่ซับซ้อนหลากหลายประเภทซึ่งรวมถึงการจัดทำงบประมาณและการวางแผนเรื่องอื่น ๆ โดยนักเรียนจะได้วิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ ของปัญหานั้นโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่กำหนดให้

ความไม่แน่นอนและข้อมูล

ความแปรผันและความไม่แน่นอนเป็นเรื่องปกติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และชีวิตประจำวัน และเป็นหัวใจของทฤษฎีความน่าจะเป็นและสถิติ เนื้อหาในหมวดหมู่ความไม่แน่นอนและข้อมูลนี้รวมถึงการตระหนักรู้ถึงสถานการณ์ที่มีความแปรผันในชีวิตจริง การมีความรู้สึกเชิงปริมาณของความแปรผันนั้น และการยอมรับถึงความไม่แน่นอนและความคลาดเคลื่อนในการอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังรวมถึงการสร้าง การตีความ และการประเมินข้อสรุปในสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนปรากฏอยู่ ดังนั้น การนำเสนอ และการตีความข้อมูลจึงเป็นแนวคิดหลักของเนื้อหาในหมวดหมู่นี้ การคาดการณ์ทางเศรษฐศาสตร์ ผลการสำรวจความคิดเห็น และการพยากรณ์อากาศ สิ่งเหล่านี้ล้วนมีความแปรผันและความไม่แน่นอนปรากฏอยู่ด้วย การแปรผันปรากฏอยู่ในกระบวนการผลิตเชิงอุตสาหกรรม คะแนนสอบ และผลการสำรวจ อีกทั้งการเสี่ยงโชคยังเป็นเรื่องพื้นฐานของกิจกรรมสันทนาการ ที่ผู้คนชื่นชอบเนื้อหาความน่าจะเป็นและสถิติในหลักสูตรโดยทั่วไปจะให้วิธีการที่เป็นทางการในการอธิบาย การสร้างตัวแบบ และการตีความของปรากฏการณ์บางประเภทที่ความแปรผันมีบทบาทสำคัญ รวมถึงการอนุมานถึงสิ่งที่สอดคล้องกัน นอกจากนี้ ความรู้เรื่องจำนวนและความรู้บางประการเกี่ยวกับพีชคณิต เช่น กราฟ และการแสดงแทนด้วยสัญลักษณ์ ยังช่วยสนับสนุนการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาในหมวดหมู่นี้อีกด้วย ในทางสถิติเมื่อมีตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัวในแต่ละตัวแปรมีความแปรผัน และยังมีความแปรผันร่วมซึ่งบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านั้น ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนี้โดยส่วนใหญ่สามารถแสดงได้ด้วยตารางสองทางซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจแบบมีเงื่อนไข (การอนุมาน) ความคาดหวังของข้อสอบ PISA คือ การที่นักเรียนจะสามารถอ่านข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากตารางและมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงความหมายของข้อมูลที่สกัดออกมา การกำหนดให้การตัดสินใจแบบมีเงื่อนไขเป็นจุดเน้นของเนื้อหาในหมวดหมู่ความไม่แน่นอนและข้อมูลนั้นเป็นการบ่งบอกว่านักเรียนควรเข้าใจว่าการกำหนดวิธีการ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลในตัวแบบจะมีผลกระทบต่อข้อสรุปที่สามารถสร้างได้ และสมมติฐาน หรือความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันอาจส่งผลให้เกิดข้อสรุปที่แตกต่างกันด้วย

3. องค์ประกอบที่ 3 บริบท

จากนิยามของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์นั้น มีประเด็นสำคัญที่ควรคำนึงถึง ในการพัฒนาข้อสอบ PISA อยู่สองประเด็น ได้แก่ ประเด็นที่ 1 ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์เกิดขึ้น ในบริบทของชีวิตจริง และประเด็นที่ 2 ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ช่วยให้บุคคลเข้าใจถึงบทบาท ของคณิตศาสตร์ และตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลและเหตุผลที่เหมาะสม ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับ พลเมืองในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องคิดอย่างไตร่ตรอง สร้างสรรค์ และมีส่วนร่วมต่อสังคมส่วนรวม ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงบริบทในชีวิตจริงและทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่มีผลต่อการพัฒนาข้อสอบ

ประเภทของบริบท

ลักษณะสำคัญประการหนึ่งของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์คือ การใช้คณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในบริบทใดบริบทหนึ่ง ซึ่งบริบทคือ มุมมองในชีวิตจริงที่ปัญหาเหล่านั้นถูกกำหนดขึ้นมา ทั้งนี้ การเลือกใช้กลยุทธ์และการแสดงแทนทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมมักจะขึ้นอยู่กับบริบทที่ปัญหานั้นเกิดขึ้น และมีความจำเป็นที่ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับบริบทในชีวิตจริงเพื่อพัฒนาตัวแบบ ทางคณิตศาสตร์ขึ้น ดังนั้น สิ่งสำคัญในการประเมินของ PISA คือ การใช้บริบทที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความเป็นไปได้ที่จะมีบริบทที่สอดคล้องกับความสนใจของนักเรียนแต่ละคน และสอดคล้อง กับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่นักเรียนแต่ละคนจะได้พบเจอในศตวรรษที่ 21 ตามกรอบโครงสร้าง การประเมินด้านคณิตศาสตร์ของ PISA 2022 ยังคงจัดประเภทของบริบทออกเป็น 4 กลุ่ม เช่นเดียวกับ PISA 2012 ดังนี้

- **บริบทส่วนตัว (Personal context)** ปัญหาที่จัดอยู่ในบริบทส่วนตัวนี้เน้นที่กิจกรรม ของบุคคล ครอบครัว หรือกลุ่มบุคคล เช่น บริบทที่เกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมอาหาร การซื้อสินค้า การเล่นเกม สุขภาพ การเดินทาง กิจกรรมสันทนาการ กีฬา การท่องเที่ยว การจัดตารางเวลา และการเงิน

- **บริบทอาชีพ (Occupational context)** ปัญหาที่จัดอยู่ในบริบททางการงาน อาชีพนี้เน้นที่โลกของการทำงาน เช่น บริบทที่เกี่ยวข้องกับการวัด การหาค่าใช้จ่ายและการจัดซื้อวัสดุ สำหรับการก่อสร้าง บัญชีเงินเดือนหรือการบัญชี การควบคุม คุณภาพ การจัดตารางงานหรือการจัดทำ รายการสินค้า การออกแบบหรืองานสถาปัตยกรรม และการตัดสินใจที่เกี่ยวกับงานไม่ว่าจะใช้ หรือไม่ได้ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม บริบทอาชีพอาจเกี่ยวข้องกับแรงงานในทุกระดับตั้งแต่แรงงาน ไร้ฝีมือจนถึงแรงงานที่ต้องใช้ความเชี่ยวชาญระดับสูง

- **บริบทสังคม (Societal context)** ปัญหาที่จัดอยู่ในบริบทสังคมนี้เน้นที่สังคมหนึ่ง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ หรือระดับโลก เช่น บริบทที่เกี่ยวข้องกับระบบการลงคะแนนเสียง การขนส่งสาธารณะ การปกครอง นโยบายภาครัฐ ข้อมูลประชากร การโฆษณา สุขภาพ ความบันเทิง ข้อมูลทางสถิติและเศรษฐกิจระดับชาติ แม้ว่าแต่ละบุคคลจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าวนี้ในระดับส่วนตัว แต่บริบทสังคมนี้จะเน้นการมองปัญหาเหล่านั้นในเชิงภาพรวมทางสังคมหรือชุมชน

- **บริบทวิทยาศาสตร์ (Scientific context)** ปัญหาที่จัดอยู่ในบริบทวิทยาศาสตร์นี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์กับโลกธรรมชาติ และประเด็นหรือหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น บริบทที่เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศหรือภูมิอากาศ นิเวศวิทยา การแพทย์ วิทยาศาสตร์อวกาศ พันธุศาสตร์ การวัด และคณิตศาสตร์ โดยข้อสอบที่เป็นเรื่องเฉพาะของคณิตศาสตร์จะถูกรวมอยู่ในบริบทวิทยาศาสตร์ด้วย

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เป็นทักษะหนึ่งที่ทั่วโลกให้ความสนใจเพิ่มมากขึ้น และมักจะรวมทักษะนี้ไว้ในการจัดการศึกษา สิ่งสำคัญสำหรับการศึกษาในปัจจุบันนี้คือ ต้องเตรียมความพร้อมให้นักเรียนมีเครื่องมือที่สามารถใช้ปกป้องตัวเองจากการหลอกลวงและการลงข้อสรุปที่กล่าวอ้างว่ามีพื้นฐานมาจากการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งบ่อยครั้งความชำนาญในการใช้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผลก็เป็นเครื่องมือที่เพียงพอแล้ว เนื่องจากการหลอกลวงมักจะมีข้อมูลที่ขัดแย้งกันแอบแฝงไว้ด้วย การเรียนรู้คณิตศาสตร์จะช่วยพัฒนาให้เยาวชนมีความพร้อมในการรับมือกับข้อมูลที่มีความขัดแย้งแอบแฝงอยู่ ความเชื่อมโยงกันระหว่างทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และทักษะเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ได้ถูกนำมาผนวกไว้ในกรอบการประเมิน PISA 2022 จำนวน 8 ทักษะ ดังนี้

- การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking)
- ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)
- การค้นคว้าและสืบเสาะหาความรู้ (Research and inquiry)
- การนำตนเอง การคิดริเริ่ม และความมุ่งมั่น (Self-direction, initiative, and persistence)
- การใช้สารสนเทศ (Information use)
- การคิดเชิงระบบ (Systems thinking)
- การสื่อสาร (Communication)
- การคิดอย่างไตร่ตรอง (Reflection)

4. ลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์ สังเคราะห์ จากผลการประเมินตั้งแต่ปี 2009 – 2022 ดังต่อไปนี้

4.1 สรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ (ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์, 2554 หน้า 109-110) ดังตาราง 1

ตาราง 1 สรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ (ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์)

ระดับ	นักเรียนทำอะไรได้บ้าง
ระดับ 6 (> 669.3 คะแนน)	ที่ระดับ 6 นักเรียนสามารถ ใช้สาระและข้อมูลที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบของตนเองนำมาลงเป็นข้อสรุปและสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์และจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อนออกมาสร้างเป็นตัวแทนคณิตศาสตร์ได้ เชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งต่างๆหรือจากการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ นำมาเชื่อมโยงระหว่างกันได้ สามารถใช้เหตุผล และใช้ความคิดระดับสูงในเชิงคณิตศาสตร์สามารถมองเห็น ความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือสถานการณ์ต่างๆและสามารถเข้าใจและปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ สามารถสร้างวิธีการคิดหรือกลยุทธ์ใหม่ในการจัดการกับปัญหาคณิตศาสตร์ที่ไม่คุ้นเคยหรือไม่เคยพบมาก่อน นักเรียนสามารถสร้างสูตรคณิตศาสตร์จากแนวความคิดหรือข้อมูลที่มีสามารถสื่อสารได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เพื่อบอกถึงสิ่งที่ตนพบ ตีความ แปลความ ได้แย้ง และอธิบายความสอดคล้องเหมาะสมของสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้กับสถานการณ์ที่เป็นมาตั้งแต่ต้น
ระดับ 5 (606.99-669.3 คะแนน)	ที่ระดับ 5 นักเรียนสามารถ สร้างตัวแทน และใช้ตัวแทนในเรื่องที่มีความซับซ้อน สามารถระบุบอกข้อจำกัดและข้อตกลงเบื้องต้นเฉพาะเรื่องนั้น ๆ สามารถเลือกเปรียบเทียบ และประเมินกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อใช้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนที่สัมพันธ์กับตัวแทน สามารถใช้ทักษะการคิด และทักษะการใช้เหตุผล สามารถเชื่อมโยงการนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ สัญลักษณ์และลักษณะของโจทย์คณิตศาสตร์ และมองเห็นความสัมพันธ์

ระดับ	นักเรียนทำอะไรได้บ้าง
	เชื่อมโยงของสิ่งเร้าที่เป็นส่วนประกอบของสถานการณ์ สามารถคิดวิเคราะห์การทำงานของตน และสามารถสร้างกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์และสามารถสื่อสารถึงการแปลความ ตีความ และการใช้เหตุผลของตนได้
ที่ระดับ 4 นักเรียนสามารถ	
ระดับ 4 (544.68-606.99 คะแนน)	ทำโจทย์คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่มีตัวแบบชัดเจน และเป็นสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรมที่ค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งอาจมีข้อจำกัดบ้าง หรือต้องมีการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นบ้าง สามารถเลือกและผสมผสานรูปแบบต่างๆที่มีให้รวมทั้งรูปแบบของสัญลักษณ์ด้วยโดยนำมาเชื่อมโยงโดยตรงกับสถานการณ์ในโลกจริง นักเรียนที่ระดับนี้สามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนามาแล้ว และสามารถใช้เหตุผล อย่างยืดหยุ่นได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าในสถานการณ์นั้นๆได้ดี สามารถสร้างคำอธิบายและข้อโต้แย้ง และสื่อสารคำอธิบายและข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของการแปลความ การโต้แย้ง และการกระทำของตน
ที่ระดับ 3 นักเรียนสามารถ	
ระดับ 3 (482.38-544.68 คะแนน)	ทำโจทย์ที่มีวิธีการที่บอกไว้ชัดเจน รวมทั้งโจทย์ที่ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอนด้วย เลือกและใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนสำหรับการแก้ปัญหา แปลความ และใช้สถานการณ์ที่นำเสนอมาจากหลายแหล่ง และสามารถให้เหตุผลได้ตามแหล่งที่มา นั้นๆสามารถสร้างคำอธิบาย หรือรายงานการตีความ แปลความนั้น ๆ แสดงการใช้เหตุผลได้ และสามารถบอก และสื่อสารผลที่เกิดขึ้น
ที่ระดับ 2 นักเรียนสามารถ	
ระดับ 2 ระดับพื้นฐาน (420.07-482.38 คะแนน)	ตีความและรู้สถานการณ์ในบริบทที่ไม่ซับซ้อน ที่ต้องการการอ้างอิง ไม่เกินสองตัว สกัดสาระสำคัญจากแหล่งข้อมูลแหล่งเดียวและสามารถใช้สถานการณ์ที่นำเสนออย่างง่ายขั้นเดียว นักเรียนระดับนี้สามารถใช้วิธีการคิด สูตรคณิตศาสตร์ วิธีการ หรือข้อตกลงเบื้องต้นสามารถใช้เหตุผลตรงไปตรงมาและตีความผลที่พบอย่างตรงไปตรงมา
ระดับ 1	ที่ระดับ 1 นักเรียนสามารถ

ระดับ	นักเรียนทำอะไรได้บ้าง
(357.77-420.07 คะแนน)	ตอบคำถามที่เกี่ยวข้องในบริบทที่คุ้นเคย ที่มีข้อมูลชัดเจนให้ และคำถามต้องถามอย่างชัดเจนระบุสาระที่ต้องการและสามารถทำโจทย์แบบเดิมที่คุ้นเคยที่มีวิธีการทำหรือสถานการณ์กำหนดให้ชัดเจน ทำโจทย์ตามตัวอย่างที่กำหนดให้ได้

หมายเหตุ: ถ้านักเรียนไม่สามารถปฏิบัติการกิจที่ระดับหนึ่งได้ จะถูกจัดไว้กลุ่ม “ต่ำกว่าระดับ 1”

จากการรายงานของ PISA 2009 ที่ประเมินผลการรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนไทย พบว่า ภาพรวมทั้งประเทศนักเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์โดยมีคะแนนเฉลี่ย (419 คะแนน) ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD ผลการประเมินเป็นระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ โดยกำหนดให้ระดับ 2 เป็นระดับพื้นฐานซึ่งถือว่าเป็นระดับต่ำสุดที่นักเรียนจะแสดงว่ามีศักยภาพจะสามารถใช้ประโยชน์จากคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงได้ในอนาคต

จากการสรุปลักษณะระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์นี้ จะเห็นได้ว่าเป้าหมายของ PISA สำหรับด้านคณิตศาสตร์ คือการสร้างตัวชี้วัดที่แสดงว่านักเรียนมีความพร้อมเพียงใดในด้านการใช้ความรู้คณิตศาสตร์ เพื่อให้เป็นคนที่มีความคิด และมีสติปัญญาพร้อมที่จะมีส่วนเป็นผู้สร้างสังคม เพื่อบรรลุเป้าหมายนี้ ดังนั้น จึงต้องพัฒนาการประเมินผลที่เน้นความชัดเจนกับการตรวจสอบว่านักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เรียนมาได้อย่างมีประสิทธิภาพและเน้นที่การใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจคณิตศาสตร์ เพื่อให้เกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

คะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของนักเรียนนานาชาติ วิธีหนึ่งที่จะบอกภาพรวมของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน คือ ดูคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนเปรียบเทียบกับประเทศอื่น ดังที่กล่าวมาแล้วว่าคณิตศาสตร์เป็นจุดเน้นของการประเมิน PISA 2003 ครั้งนั้นคะแนนเฉลี่ย OECD ตั้งค่าที่ 500 (Score points) และใช้ค่านี้เป็นบรรทัดฐานสำหรับเปรียบเทียบกับ PISA 2006 และ PISA 2009 เนื่องจากมีประเทศในโครงการเปลี่ยนแปลง เมื่อเทียบกับบรรทัดฐานใน PISA 2003 คะแนน เฉลี่ย OECD ใน PISA 2009 มีค่าเป็น 496 (Score points) แม้จะแตกต่างกันเล็กน้อยแต่ไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติ ระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ PISA รายงานการตอบข้อสอบของนักเรียน โดยสร้างเครื่องมือบอกระดับการรู้เรื่อง 6 ระดับ โดยใช้วิธี Item response modeling ตั้งแต่บอกระดับของข้อสอบแต่ละข้อ และสรุปออกมาเป็นระดับของการรู้เรื่อง ที่นักเรียนแสดงออกในการตอบข้อสอบรวมทั้งหมดของนักเรียนจากแต่ละประเทศ ทั้งนี้เพื่อให้เห็นภาพ เปรียบเทียบกันระหว่างประเทศ

2. สรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ (ผลการประเมิน PISA 2012 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์, 2554 หน้า 47-48) ดังตาราง 2

ผลการประเมินตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ PISA 2012 นิยามความรู้และทักษะคณิตศาสตร์เป็นระดับสมรรถนะ 6 ระดับ เช่นเดียวกับใน PISA 2003 แต่ลักษณะสำคัญที่นักเรียนแต่ละระดับรู้และทำได้มีการปรับเปลี่ยนบ้างตามกระบวนการของคณิตศาสตร์และข้อสอบที่พัฒนาใหม่ใน PISA 2012 สัดส่วนจำนวน นักเรียนที่ระดับสมรรถนะต่าง ๆ จากทุกประเทศ/เขตเศรษฐกิจ

ตาราง 2 สรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ (ผลการประเมิน PISA 2012 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์)

ระดับคะแนน ต่ำสุด	นักเรียนทำอะไรได้บ้าง
ระดับ 6 (669 คะแนน)	นักเรียนที่ระดับ 6 สามารถทำข้อสอบข้อที่ยากที่สุดของ PISA 2012 ได้ถูกต้อง นักเรียนสามารถสร้างกรอบความคิด สร้างข้อสรุปและสารบบฐานของข้อมูล การสำรวจตรวจสอบและการสร้างตัวแบบของสถานการณ์ที่ซับซ้อนของปัญหา และสามารถใช้ความรู้ในบริบทที่ไม่เคยชินและไม่เป็นไปตามแบบแผนที่มีมาก่อน สามารถเชื่อมโยงแหล่งข้อมูลและสัญลักษณ์ต่าง ๆ อีกทั้งสามารถเชื่อมโยงและ ปรับใช้อย่างคล่องแคล่ว นักเรียนที่ระดับนี้มีความสามารถในการคิดและการ ใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สามารถใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปร ความเข้าใจ คณิตศาสตร์การใช้สัญลักษณ์ การดำเนินการ และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาสร้างวิธีการและกลยุทธ์ใหม่สำหรับการแก้ปัญหาในวิธีใหม่ นักเรียน สามารถสะท้อนความเห็น การกระทำ และสามารถสื่อสารความเห็นและการ กระทำที่ตนค้นพบ ดีความ และได้แย้งได้ชัดเจนแม่นยำ อีกทั้งยังสามารถ อธิบายถึงสาเหตุที่ได้ใช้การกระทำนั้น ๆ มาตั้งแต่ต้น
ระดับ 5 (607 คะแนน)	นักเรียนที่ระดับ 5 สามารถสร้างและใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ตัวแบบสำหรับปัญหาคณิตศาสตร์ ที่มีความซับซ้อน นักเรียนสามารถ ระบุบอกข้อจำกัดและข้อตกลงเบื้องต้นเฉพาะเรื่องนั้น ๆ สามารถเลือก เปรียบเทียบ และประเมินถึงกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่ เชื่อมโยงกับตัวแบบ

ระดับคะแนน ต่ำสุด	นักเรียนทำอะไรได้บ้าง
	สามารถใช้ทักษะการคิดและทักษะการใช้เหตุผล สามารถ เชื่อมโยง การนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ สัญลักษณ์และลักษณะของโจทย์คณิตศาสตร์ และมองเห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงของสิ่งเร้าที่เป็นส่วนของสถานการณ์ สามารถ คิดวิเคราะห์การทำงานของตน และสามารถสร้างกฎเกณฑ์ ทางคณิตศาสตร์ และสามารถสื่อสารการแปลความ ดีความ และการใช้ เหตุผลของตนให้เป็นที่ เข้าใจได้
ระดับ 4 (545 คะแนน)	นักเรียนที่ระดับ 4 สามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบชัดเจน แต่อยู่ใน สถานการณ์ค่อนข้างซับซ้อน และอาจมีข้อจำกัดเข้ามาเกี่ยวข้อง หรือต้องมี การกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นบ้าง นักเรียนสามารถเลือก การนำเสนอแบบต่าง ๆ หลายแบบรวมทั้งรูปแบบของสัญลักษณ์ด้วย หรือใช้ผสมกันได้ โดยนำมาเชื่อมโยง กับสถานการณ์ในโลกจริง สามารถใช้ ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่จำกัด และ สามารถใช้เหตุผลได้ และมองเห็น ความสัมพันธ์ของตัวแปรในสถานการณ์ตรง ๆ ที่ไม่ซับซ้อน สามารถสร้าง คำอธิบายหรือข้อโต้แย้ง และสามารถสื่อสารสิ่งที่ สร้างขึ้นให้เป็นที่เข้าใจได้ สามารถสร้างคำอธิบายและข้อโต้แย้ง และสื่อสารคำอธิบายและข้อโต้แย้ง บนพื้นฐานของการแปลความ การโต้แย้ง และการกระทำของตน
ระดับ 3 (482 คะแนน)	นักเรียนที่ระดับ 3 สามารถทำโจทย์ตามตัวอย่างหรือวิธีการที่บอกไว้ ชัดเจน รวมทั้งโจทย์ที่ต้องเลือกลำดับขั้นตอนด้วย สามารถเลือก และใช้กลยุทธ์ที่ไม่ ซับซ้อนสำหรับการแก้ปัญหา สามารถตีความ แปลความ และใช้สถานการณ์ที่ มีที่มาจากหลายแหล่ง รวมทั้งสามารถใช้ความเป็นเหตุ เป็นผลของแหล่งที่มา นั้น ๆ ได้ สามารถสร้างค ำอธิบาย รายงานการตีความ และแปลความนั้น ๆ และสามารถสื่อสารผลที่เกิดขึ้นได้
ระดับ 2 ระดับพื้นฐาน (420 คะแนน)	นักเรียนที่ระดับ 2 สามารถตีความ แปลความ และรู้ ู้สถานการณ์ใน บริบทที่ ไม่ซับซ้อน ที่ต้องการตัวอ้างอิงไม่เกินสองตัว สามารถสกัดสาระ สำคัญจาก แหล่งข้อมูลแหล่งเดียวและสามารถใช้สถานการณ์ที่นำเสนออย่าง ง่าย ๆ เพียงชั้นเดียว นักเรียนที่ระดับนี้สามารถใช้วิธีการคิดสูตรคณิตศาสตร์ สามารถคิด วิธีการ หรือข้อตกลงเบื้องต้น สามารถใช้ความเป็นเหตุเป็นผล แบบตรง ๆ และ ดีความผลที่พบอย่างตรงไปตรงมา นักเรียนที่รู้เรื่อง

ระดับคะแนน ต่ำสุด	นักเรียนทำอะไรได้บ้าง
	คณิตศาสตร์ที่ระดับ 2 ถือว่า เป็นระดับพื้นฐานต่ำสุดที่ควรจะมี (Minimum requirement) ที่ เป็นระดับที่ แสดงว่านักเรียนพอจะใช้ประโยชน์ คณิตศาสตร์ในชีวิตได้ในระดับเริ่ม
ระดับ 1 (358 คะแนน)	นักเรียนที่ระดับ 1 สามารถตอบคำถามที่เกี่ยวข้องในบริบทที่เคยพบ มาก่อน หรือที่คุ้นเคยและมีข้อมูลชัดเจนให้ และคำถามที่ถามตรง ๆ อย่าง ชัดเจน สามารถระบุสาระที่ต้องการและสามารถทำโจทย์แบบที่คุ้นเคย ที่มีวิธีการทำ หรือสถานการณ์กำหนดให้ชัดเจน และสามารถทำโจทย์ ตามตัวอย่างที่ กำหนดให้ได้
ต่ำกว่า ระดับ 1	นักเรียนที่ต่ำกว่าระดับ 1 อาจทำภารกิจคณิตศาสตร์ที่ตรงไปตรงมาได้ เป็นต้นว่า อ่านค่าจากตารางหรือแผนภูมิที่มีข้อความกำกับที่ตรงกับข้อความ ในตัวเรื่อง และในคำถาม ตัวเล็อกจึงชัดเจน หรือสามารถคิดเลขจำนวนเต็ม จากโจทย์ที่ เลียนแบบตัวอย่างชัด ๆ ได้

3. สรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ (ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา, 2561, น. 242-243) ดังตาราง 3

ผลการประเมินตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ใน PISA 2003 และ PISA 2012 ซึ่งมีคณิตศาสตร์เป็นการประเมินหลัก และแบ่งระดับ ความสามารถหรือความชำนาญในการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์ที่ต่างกันอย่างออกเป็น 6 ระดับ เช่นเดียวกับการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ โดยระดับ 6 เป็นระดับสูงสุด และระดับ 2 ถือว่าเป็นระดับพื้นฐานที่นักเรียนวัยนี้ควรจะต้องรู้เพื่อที่จะสามารถใช้ ประโยชน์จากคณิตศาสตร์ได้ แต่ที่ต่ำกว่า ระดับ 2 ถือว่ายังรู้คณิตศาสตร์ไม่ถึงระดับพื้นฐาน และไม่เพียงพอที่จะใช้ประโยชน์จากคณิตศาสตร์ได้เชิงเศรษฐกิจ คือ การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย OECD ซึ่งใน PISA 2015 คะแนนเฉลี่ย OECD มีคะแนน มาตรฐานที่ 490 คะแนน

ตาราง 3 สรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ (ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา)

ระดับคะแนน ต่ำสุด	ที่ระดับนี้ นักเรียนสามารถ
ระดับ 6 (669 คะแนน)	ที่ระดับ 6 นักเรียนสามารถทำข้อสอบข้อที่ยากที่สุดของ PISA ได้ถูกต้อง นักเรียน สามารถสร้างกรอบความคิด สร้างข้อสรุปและสาระบนฐานของข้อมูลการสำรวจตรวจสอบ และการสร้างตัวแบบของสถานการณ์ที่ซับซ้อนของปัญหา และสามารถใช้ความรู้ ในบริบทที่ไม่เคยชิน และไม่เป็นไปตามแบบแผนที่มีมาก่อน สามารถเชื่อมโยงแหล่งข้อมูล และสัญลักษณ์ต่าง ๆ อีกทั้งสามารถเชื่อมโยงและปรับใช้อย่างคล่องแคล่ว นักเรียนที่ระดับนี้ มีความสามารถในการคิดและการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สามารถใช้ ความสัมพันธ์ของตัวแปร มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของการใช้สัญลักษณ์ การดำเนินการ และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาสร้างวิธีการและกลยุทธ์ ใหม่สำหรับการแก้ปัญหา ในวิธีใหม่ นักเรียนสามารถสะท้อนความเห็น การกระทำและสามารถสื่อสารความเห็นและการกระทำที่ตนค้นพบ ดีความ และได้แย้งได้ชัดเจน มั่นยำ อีกทั้งยังสามารถอธิบายถึงสาเหตุที่ได้ใช้การกระทำนั้น ๆ มาตั้งแต่ต้น
ระดับ 5 (607 คะแนน)	ที่ระดับ 5 นักเรียนสามารถสร้างและใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) สำหรับปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดและข้อตกลง เบื้องต้นเฉพาะเรื่องนั้น ๆ สามารถเลือก เปรียบเทียบ และประเมินถึงกลยุทธ์การแก้ปัญหา ที่เหมาะสม เพื่อใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่เชื่อมโยงกับตัวแบบ สามารถใช้ทักษะการคิด และทักษะการให้เหตุผล สามารถเชื่อมโยงการนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ สัญลักษณ์และ ลักษณะของโจทย์คณิตศาสตร์ และมองเห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงของสิ่งเร้าที่เป็น ส่วนของสถานการณ์ สามารถคิดวิเคราะห์ การทำงานของตน สามารถสร้างกฎเกณฑ์ ทางคณิตศาสตร์ และสามารถสื่อสารการแปลความ ดีความ และการใช้เหตุผลของตน ให้เป็นที่เข้าใจได้
ระดับ 4 (545 คะแนน)	ที่ระดับ 4 นักเรียนสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบชัดเจน แต่อยู่ในสถานการณ์ ค่อนข้างซับซ้อน และอาจมีข้อจำกัดเข้ามาเกี่ยวข้อง

ระดับคะแนน ต่ำสุด	ที่ระดับนี้ นักเรียนสามารถ
	หรือต้องมีการกำหนดข้อตกลง เบื้องต้นบ้าง นักเรียนสามารถเลือกการนำเสนอแบบต่าง ๆ หลายแบบรวมทั้งรูปแบบของ สัญลักษณ์หรือใช้ผสมกันได้ โดยนำมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในโลกจริง สามารถใช้ ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่จำกัด และสามารถใช้เหตุผลได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ ของตัวแปรในสถานการณ์ตรง ๆ ที่ไม่ซับซ้อน สามารถสร้างคำอธิบายหรือข้อโต้แย้ง และสามารถสื่อสารสิ่งที่สร้างขึ้นให้เป็นที่เข้าใจได้ โดยสื่อสารคำอธิบายและข้อโต้แย้ง บนพื้นฐานของการแปลความ การโต้แย้ง และการกระทำของตน
ระดับ 3 (482 คะแนน)	ที่ระดับ 3 นักเรียนสามารถทำโจทย์ตามตัวอย่างหรือวิธีการที่บอกไว้ชัดเจน รวมทั้ง โจทย์ที่ต้องเลือกลำดับขั้นตอนด้วย สามารถเลือกและใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนสำหรับ การแก้ปัญหา สามารถตีความ แปลความ และใช้สถานการณ์ที่มีที่มาจากหลายแหล่ง รวมทั้งสามารถใช้ความเป็นเหตุเป็นผลของแหล่งที่มา นั้น ๆ ได้ สามารถสร้างคำอธิบาย รายงานการตีความ และแปลความนั้น ๆ และสามารถสื่อสารผลที่เกิดขึ้นได้
ระดับ 2 ระดับพื้นฐาน (420 คะแนน)	ที่ระดับ 2 นักเรียนสามารถตีความ แปลความ และรู้สถานการณ์ในบริบทที่ไม่ซับซ้อน ที่ต้องการตัวอ้างอิงไม่เกินสองตัว สามารถสกัดสาระสำคัญจากแหล่งข้อมูลแหล่งเดียว และสามารถใช้สถานการณ์ที่นำเสนออย่างง่าย ๆ เพียงชั้นเดียว นักเรียนที่ระดับนี้ สามารถใช้วิธีการคิดสูตรคณิตศาสตร์ สามารถคิดวิธีการ หรือข้อตกลงเบื้องต้น สามารถ ใช้ความเป็นเหตุเป็นผลแบบตรง ๆ และตีความผลที่พบอย่างตรงไปตรงมา ระดับ 2 ถือว่าเป็นระดับพื้นฐานที่ควรจะมี (Minimum Requirement) เป็นระดับที่แสดงว่านักเรียน พอจะใช้ประโยชน์จากคณิตศาสตร์ในชีวิตได้ในระดับเริ่มต้น
ระดับ 1 (358 คะแนน)	ที่ระดับ 1 นักเรียนสามารถตอบคำถามที่เกี่ยวข้องในบริบทที่เคยพบมาก่อนหรือที่คุ้นเคย และมีข้อมูลชัดเจนให้ และคำถามที่ถามตรง ๆ อย่างชัดเจน สามารถระบุสาระที่ต้องการ และสามารถทำโจทย์แบบที่คุ้นเคย ที่มีวิธีการทำหรือสถานการณ์กำหนดให้ชัดเจน และ สามารถทำโจทย์ตามตัวอย่างที่กำหนดให้ได้

4. สรุปลักษณะของความสามารถทางคณิตศาสตร์ 6 ระดับ ใน PISA 2018

ผลการประเมินคณิตศาสตร์ของประเทศไทย (ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์, 2564 หน้า 113-114) ดังตาราง 4

ผลการประเมินของนักเรียนจะรายงานความสามารถบนมาตรวัดเดียวกัน เพื่อให้เข้าใจ ความหมายหรือเห็นภาพของผลการประเมินชัดเจนมากขึ้น ซึ่งมาตรวัดดังกล่าวจะ แบ่งออกเป็นระดับ ความสามารถซึ่งแต่ละระดับจะชี้บ่งถึงลักษณะของภาระงานที่นักเรียนในระดับนั้น ๆ สามารถ ทำได้สำเร็จ โดยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ 6 ระดับ ที่ใช้ใน PISA 2018 จะเหมือนกับ ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการประเมินใน PISA 2003 และ PISA 2012 ซึ่งเป็นรอบที่มีคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินหลัก

ตาราง 4 สรุปลักษณะของความสามารถทางคณิตศาสตร์ 6 ระดับ ใน PISA 2018

ระดับคะแนน ต่ำสุด	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ระดับ 5 (607 คะแนน)	ที่ระดับ 5 นักเรียนสามารถสร้างและใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) สำหรับปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดและข้อตกลงเบื้องต้น เฉพาะเรื่องนั้น ๆ สามารถเลือก เปรียบเทียบ และประเมินถึงกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่เชื่อมโยงกับตัวแบบ สามารถทำงานอย่างมี กลยุทธ์โดยใช้ทักษะ การคิดและทักษะการให้เหตุผล โดยนำมาเชื่อมโยง อย่างเหมาะสมกับการนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ สัญลักษณ์และลักษณะ ของโจทย์คณิตศาสตร์ และมองเห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงของสิ่งเร้า ที่เข้ากับสถานการณ์ นักเรียนที่ระดับนี้เริ่มพัฒนาความสามารถในการทำงาน ของตน และสามารถสื่อสารโดยการสรุปความและตีความในรูปแบบ การเขียนได้
ระดับ 4 (545 คะแนน)	ที่ระดับ 4 นักเรียนสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบชัดเจน แต่อยู่ในสถานการณ์ ซับซ้อนที่ค่อนข้างเป็นรูปธรรม และอาจมีข้อจำกัด เข้ามาเกี่ยวข้อง หรืออาจต้องมีการกำหนด ข้อตกลงเบื้องต้นบ้าง นักเรียน สามารถเลือกและบูรณาการการนำเสนอแบบต่าง ๆ หลายแบบ รวมทั้ง การใช้สัญลักษณ์แทน โดยนำมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง นักเรียน

ระดับคะแนน ต่ำสุด	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
	ที่ระดับนี้ สามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่จำกัดและสามารถใช้เหตุผลด้วยความเข้าใจในสถานการณ์ ที่ตรงไปตรงมาได้ สามารถสร้างและสื่อสาร คำอธิบายหรือข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของการตีความ การโต้แย้ง และการกระทำของตนเอง
ระดับ 3 (482 คะแนน)	ที่ระดับ 3 นักเรียนสามารถทำโจทย์ตามตัวอย่างหรือวิธีการที่บอกไว้ชัดเจน รวมทั้งโจทย์ที่ ต้องเลือกลำดับขั้นตอนด้วย การตีความของนักเรียนเพียงพอสำหรับเป็นพื้นฐานในการสร้าง แบบจำลองอย่างง่ายหรือสำหรับการเลือกและการใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนสำหรับการแก้ปัญหา นักเรียนที่ระดับนี้สามารถตีความและใช้การนำเสนอทางคณิตศาสตร์จากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน และใช้ความเป็นเหตุเป็นผลโดยตรงจากแหล่งข้อมูลนั้น ๆ ได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะแสดงความสามารถ ในการแก้ปัญหาโจทย์ร้อยละ เศษส่วน และทศนิยม และหาความสัมพันธ์ในเชิงสัดส่วน การแก้ปัญหา ของนักเรียนสะท้อนให้เห็นว่ามีการตีความและใช้ความเป็นเหตุเป็นผลในขั้นพื้นฐานได้
ระดับ 2 ระดับพื้นฐาน (420 คะแนน)	ที่ระดับ 2 นักเรียนสามารถตีความ แปลความ และรู้สถานการณ์ในบริบทที่ไม่ซับซ้อนที่ต้องการ ตัวอ้างอิงไม่เกินสองตัว สามารถสกัดสาระสำคัญจากแหล่งข้อมูลแหล่งเดียวและสามารถใช้ รูปแบบการนำเสนออย่างง่าย ๆ เพียงขั้นเดียว นักเรียนที่ระดับนี้สามารถใช้ลำดับขั้นตอน สูตร คำนวณ กระบวนการ หรือข้อตกลงเบื้องต้น เพื่อแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเลขจำนวนเต็ม และสามารถตีความผลลัพธ์ที่ได้แบบตรงไปตรงมา ระดับ 2 ถือว่าเป็นระดับพื้นฐานที่ควรจะมี (Minimum requirement) เป็นระดับที่แสดงว่านักเรียนพอจะใช้ประโยชน์จากคณิตศาสตร์ในชีวิตได้ในระดับเริ่มต้น
ระดับ 1 (358 คะแนน)	ที่ระดับ 1 นักเรียนสามารถตอบคำถามคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทที่เคยพบหรือคุ้นเคย มาก่อน ซึ่งบริบทต้องให้ข้อมูลที่ชัดเจนและเป็นคำถามที่ถามตรง ๆ อย่างชัดเจน สามารถระบุ สาระที่ต้องการและสามารถทำโจทย์ปัญหาตามขั้นตอนที่เคยมาเป็นประจำโดยทำตามคำสั่งที่ บอกไว้ในสถานการณ์อย่างชัดเจน สามารถทำได้เฉพาะเมื่อมีการบอกอย่างชัดเจนและทำโจทย์ ตามตัวอย่างที่กำหนดให้ได้

5. ผลการประเมินคณิตศาสตร์ของประเทศไทย (ผลการประเมิน PISA 2022: บทสรุปสำหรับผู้บริหาร, 2564, น. 113-114)

ผลการประเมิน PISA รายงานในรูปของคะแนนเฉลี่ย โดยในการประเมินรอบแรก (PISA 2000) มีค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD เป็นคะแนนมาตรฐานที่ 500 คะแนน และในรอบการประเมินถัดมาค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD มีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อยโดยจะมีค่าใกล้เคียงกับ 500 คะแนน เนื่องจากมีการปรับค่าเฉลี่ยดังกล่าวเทียบกับฐานค่าเฉลี่ยใน PISA 2000 ซึ่งใน PISA 2022 ประเทศสมาชิก OECD มีคะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์เท่ากับ 472 คะแนน นอกจาก PISA จะรายงานผลการประเมินในรูปของคะแนนเฉลี่ยแล้ว ยังรายงานผลเป็นระดับความสามารถในแต่ละด้าน โดยแบ่งระดับความสามารถของนักเรียนในแต่ละด้านเป็น 6 ระดับ (ระดับ 1 ถึงระดับ 6) ซึ่งความสามารถที่ระดับ 2 ถือเป็นระดับพื้นฐานที่นักเรียนเริ่มแสดงให้เห็นว่า สามารถใช้ทักษะและความรู้ในชีวิตจริงได้ PISA 2018 และ 2022 (เดิมคือ 2021) ใช้แนวทางการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่คล้ายกัน ยังคงประเมิน 3 ส่วนหลัก: การคิดเชิงคณิตศาสตร์, การแก้ปัญหา, การใช้คณิตศาสตร์ในบริบทจริง ใช้ระดับความสามารถ (Proficiency Levels 1–6) เหมือนกัน ดังตาราง 5

ตาราง 5 สรุปลักษณะของความสามารถทางคณิตศาสตร์ 6 ระดับ ใน PISA 2022

ระดับคะแนน ต่ำสุด	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ระดับ 6 (699 คะแนน)	ที่ระดับ 6 นักเรียนสามารถทำข้อสอบข้อที่ยากที่สุดของ PISA ได้ถูกต้อง โดยนักเรียนสามารถ สร้างกรอบความคิด สร้างข้อสรุป และใช้ประโยชน์ของ ข้อมูลบนพื้นฐานของการสำรวจตรวจสอบ และการสร้างตัวแบบของ สถานการณ์ที่ซับซ้อนของปัญหา และสามารถใช้ความรู้ในบริบท ที่ไม่คุ้นเคย และไม่เป็นไปตามแบบแผนที่มีมาก่อน สามารถเชื่อมโยงแหล่งข้อมูลต่าง ๆ กับการนำเสนอทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน อีกทั้งสามารถปรับใช้ระหว่าง แหล่งข้อมูลได้อย่าง คล่องแคล่ว นักเรียนที่ระดับนี้ มีความสามารถในการคิด และการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ขั้นสูงได้ สามารถใช้ความสามารถที่มีอยู่ และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ร่วมกับความสามารถ ในการใช้สัญลักษณ์ การดำเนินการ และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาสร้างวิธีการ และกลยุทธ์ใหม่สำหรับการจัดการกับสถานการณ์ใหม่ สามารถสะท้อน การกระทำและสามารถ คิดหรือแปลงปัญหาและสื่อสารความเห็น

ระดับคะแนน ต่ำสุด	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
	และการกระทำที่ตนค้นพบ ดีความ และโต้แย้งได้ชัดเจน แม่นยำอีกทั้งยังสามารถ อธิบายถึงสาเหตุที่ใช้การกระทำนั้น ๆ มาตั้งแต่ต้นได้ กลยุทธ์ใหม่สำหรับการแก้ปัญหาในวิธีใหม่ นักเรียนสามารถสะท้อนความเห็น การกระทำและสามารถสื่อสารความเห็นและการกระทำที่ตนค้นพบ ดีความ และโต้แย้งได้ชัดเจน แม่นยำ อีกทั้งยังสามารถอธิบายถึงสาเหตุที่ได้ใช้การกระทำนั้น ๆ มาตั้งแต่ต้น
ระดับ 5 (607 คะแนน)	ที่ระดับ 5 นักเรียนสามารถสร้างและใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) สำหรับปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดและข้อตกลงเบื้องต้น เฉพาะเรื่องนั้น ๆ สามารถเลือก เปรียบเทียบ และประเมินถึงกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่เชื่อมโยงกับตัวแบบ สามารถทำงานอย่างมีกลยุทธ์โดยใช้ทักษะ การคิดและทักษะการให้เหตุผล โดยนำมาเชื่อมโยงอย่าง
ระดับ 4 (545 คะแนน)	ที่ระดับ 4 นักเรียนสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบชัดเจน แต่อยู่ในสถานการณ์ ซับซ้อนที่ค่อนข้างเป็นรูปธรรม และอาจมีข้อจำกัดเข้ามาเกี่ยวข้อง หรืออาจต้องมีการกำหนด ข้อตกลงเบื้องต้นบ้าง นักเรียนสามารถเลือกและบูรณาการการนำเสนอแบบต่าง ๆ หลายแบบ รวมทั้งการใช้สัญลักษณ์แทน โดยนำมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง นักเรียนที่ระดับนี้ สามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่จำกัดและสามารถใช้เหตุผลด้วยความเข้าใจในสถานการณ์ ที่ตรงไปตรงมาได้ สามารถสร้างและสื่อสาร คำอธิบายหรือข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของการตีความ การโต้แย้ง และการกระทำของตนเอง
ระดับ 3 (482 คะแนน)	ที่ระดับ 3 นักเรียนสามารถทำโจทย์ตามตัวอย่างหรือวิธีการที่บอกไว้ชัดเจน รวมทั้งโจทย์ที่ ต้องเลือกลำดับขั้นตอนด้วย การตีความของนักเรียนเพียงพอสำหรับเป็นพื้นฐานในการสร้าง แบบจำลองอย่างง่ายหรือสำหรับการเลือกและการใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนสำหรับการแก้ปัญหา นักเรียนที่ระดับนี้สามารถตีความและใช้การนำเสนอทางคณิตศาสตร์จากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน และใช้ความเป็นเหตุเป็นผลโดยตรงจากแหล่งข้อมูลนั้น ๆ ได้

ระดับคะแนน ต่ำสุด	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
	ซึ่งโดยทั่วไปจะแสดงความสามารถ ในการแก้ปัญหาโจทย์ร้อยละ เศษส่วนและทศนิยม และหาความสัมพันธ์ในเชิงสัดส่วน การแก้ปัญหา ของนักเรียนสะท้อนให้เห็นว่ามีการตีความและใช้ความเป็นเหตุเป็นผล ในขั้นพื้นฐานได้
ระดับ 2 ระดับพื้นฐาน (420 คะแนน)	ที่ระดับ 2 นักเรียนสามารถตีความ แปลความ และรู้สถานการณ์ ในบริบทที่ไม่ซับซ้อนที่ต้องการ ตัวอ้างอิงไม่เกินสองตัว สามารถสกัด สารสำคัญจากแหล่งข้อมูลแหล่งเดียวและสามารถใช้ รูปแบบการนำเสนอ อย่างง่าย ๆ เพียงชั้นเดียว นักเรียนที่ระดับนี้สามารถใช้ลำดับขั้นตอน สูตร คำนวณ กระบวนการ หรือข้อตกลงเบื้องต้น เพื่อแก้โจทย์ปัญหา ที่เกี่ยวข้องกับเลขจำนวนเต็ม และสามารถตีความผลลัพธ์ที่ได้ แบบตรงไปตรงมา ระดับ 2 ถือว่าเป็นระดับพื้นฐานที่ควรจะมี (Minimum requirement) เป็นระดับที่แสดงว่านักเรียนพอจะใช้ประโยชน์จาก คณิตศาสตร์ในชีวิตได้ในระดับเริ่มต้น
ระดับ 1 (358 คะแนน)	ที่ระดับ 1 นักเรียนสามารถตอบคำถามคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับบริบท ที่เคยพบหรือคุ้นเคย มาก่อน ซึ่งบริบทต้องให้ข้อมูลที่ชัดเจนและเป็นคำถาม ที่ถามตรง ๆ อย่างชัดเจน สามารถระบุ สารที่ต้องการและสามารถทำโจทย์ ปัญหาตามขั้นตอนที่เคยทำเป็นประจำโดยทำตามคำสั่งที่ บอกไว้ ในสถานการณ์อย่างชัดเจน สามารถทำได้เฉพาะเมื่อมีการบอกอย่างชัดเจน และทำโจทย์ ตามตัวอย่างที่กำหนดให้ได้

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์วิเคราะห์องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ และสังเคราะห์วิเคราะห์เกณฑ์ลักษณะของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ 5 ระดับที่นำมาใช้ ในงานวิจัยในครั้งนี้ ดังตาราง 6 และตาราง 7 (การประเมินผลการเรียนรู้, สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

ตาราง 6 องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

องค์ประกอบหลัก	ตัวบ่งชี้
1. มิติความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์	
การคิด/ แปลงปัญหา	- เลือกการอธิบาย และการนำเสนอเชิงคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายปัญหา - จัดรูปอย่างง่ายหรือแยกย่อยสถานการณ์หรือปัญหาเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ได้ - แปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ที่เป็นมาตรฐาน หรือในรูปอัลกอริทึม
การใช้ คณิตศาสตร์	- ใช้วิธีการที่กำหนดให้เพื่อระบุวิธีแก้ปัญหามathematics - เข้าใจและใช้บทนิยาม กฎ และระบบที่มีกฎเกณฑ์ รวมถึงการใช้ อัลกอริทึมที่คุ้นเคยเพื่อแก้ปัญหามathematics - ทำความเข้าใจ เชื่อมโยง และใช้รูปแบบการนำเสนอที่หลากหลาย เมื่อจัดการกับปัญหามathematics - ใช้กระบวนการที่มีหลายขั้นตอน เพื่อหาวิธีแก้ปัญหามathematics และลงข้อสรุป
การตีความ และประเมิน	- ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้ให้อยู่ในบริบทโลกชีวิตจริง - รู้ถึง (แสดง ตีความ อธิบาย) ขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหามathematics - เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างบริบทของปัญหามathematicsกับรูปแบบการนำเสนอวิธีแก้ปัญหามathematics เพื่อช่วยในการตีความและการประเมินความเป็นไปได้และข้อจำกัดของวิธีแก้ปัญหามathematics
การให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์	- ให้ข้อสรุปอย่างง่าย เลือกการให้เหตุผลที่เหมาะสม - อธิบายว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปที่ได้จึงสมเหตุสมผลหรือไม่สมเหตุสมผลในบริบทของปัญหามathematics - ตีความผลลัพธ์ในเชิงคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริง เพื่อที่จะอธิบายความหมายของผลลัพธ์นั้น - วิเคราะห์ความเหมือนและความแตกต่างระหว่างปัญหามathematicsกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหามathematics

องค์ประกอบหลัก

ตัวบ่งชี้

2. มิติเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ปริมาณ	ปริมาณ (Quantity) จุดเน้นของเรื่องนี้ คือการบอกปริมาณ รวมทั้งความเข้าใจของเรื่องขนาด (เปรียบเทียบ) แบบรูปของจำนวน และการใช้จำนวน เพื่อแสดงปริมาณและแสดงวัตถุต่าง ๆ ในโลกจริง ๆ ในเชิงปริมาณ (การนับและการวัด) นอกจากนี้ปริมาณยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการและความเข้าใจเรื่องจำนวนที่นำมาใช้ในเรื่องต่าง ๆ อย่างหลากหลาย
ความไม่แน่นอนและข้อมูล	ความไม่แน่นอน (Uncertainty) เรื่องของความไม่แน่นอนเกี่ยวข้องกับสองเรื่อง คือ ข้อมูล และโอกาส ซึ่งเป็นการศึกษาทางสถิติ และเรื่องของความน่าจะเป็นข้อแนะนำสำหรับหลักสูตรคณิตศาสตร์ในโรงเรียนสำหรับประเทศสมาชิก OECD คือให้ความสำคัญกับเรื่องของสถิติและความน่าจะเป็นให้เป็นจุดเด่นมากกว่าที่เคยเป็นมาในอดีต เพราะว่าโลกปัจจุบันในยุคของสังคมข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลข่าวสารที่หลั่งไหลเข้ามาและแม้ว่าจะอ้างว่าเป็นข้อมูลที่ถูกต้องตรวจสอบได้ก็จริง แต่ในชีวิตจริงเราก็ต้องเผชิญกับความไม่แน่นอนหลายอย่าง เช่น ผลการเลือกตั้งที่ไม่คาดคิด การพยากรณ์อากาศที่ไม่เที่ยงตรง การล้มละลายทางเศรษฐกิจ การเงิน การพยากรณ์ต่าง ๆ ที่ผิดพลาด แสดงให้เห็นถึงความไม่แน่นอนของโลกคณิตศาสตร์ที่เข้ามามีบทบาทในส่วนนี้คือ การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การเสนอข้อมูล ความน่าจะเป็น และการอ้างอิง (สถิติ)
การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ (Change and Relationships) โลกแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงมากมายมหาศาล และแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ทั้งชั่วคราวและถาวรของการเปลี่ยนแปลงในธรรมชาติ (ตัวอย่างเช่น มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตขณะเจริญเติบโต การหมุนเวียนของฤดูกาล การขึ้นลงของกระแสน้ำ การเปลี่ยนแปลงของอวกาศ การขึ้นลงของหุ้น การว่างงานของคน) การเปลี่ยนแปลงบางกระบวนการสามารถบอกได้หรือสร้างเป็นตัวแทนได้โดยตรง โดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ส่วนมาก

องค์ประกอบหลัก	ตัวบ่งชี้
	เป็นรูปของสมการหรืออสมการ แต่ความสัมพันธ์ในธรรมชาติอื่น ๆ ก็อาจเกิดขึ้นได้เช่นกัน ความสัมพันธ์หลายอย่างไม่สามารถใช้คณิตศาสตร์ได้โดยตรง ต้องใช้วิธีการอื่น ๆ และจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อระบุถึงความสัมพันธ์
ปริภูมิและรูปร่าง	ปริภูมิและรูปร่างสามมิติ (Space and Shape) เรื่องของแบบรูป (Pattern) มีอยู่ทุกหนทุกแห่งในโลก แม้แต่การพูด ดนตรี การจราจร การก่อสร้าง ศิลปะ ฯลฯ รูปร่างเป็นแบบรูปที่เห็นได้ทั่วไป เป็นต้นว่า รูปร่างของบ้าน โรงเรียน อาคาร สะพาน ถนน ผลึก ดอกไม้ ฯลฯ แบบรูปเรขาคณิตเป็นตัวแทน (Model) อย่างง่ายที่พบอยู่ในสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏ การศึกษาเรื่องของรูปร่างมีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับแนวคิดของเรื่องที่ว่า ซึ่งต้องการความเข้าใจในเรื่องสมบัติของวัตถุและตำแหน่งเปรียบเทียบของวัตถุ เราต้องรู้ว่าเรามองเห็นวัตถุสิ่งของต่าง ๆ อย่างไร และทำไมเราจึงมองเห็นมันอย่างที่เราเห็น เราต้องเข้าใจความสัมพันธ์ของตัวเมืองจริงกับแผนที่ รูปถ่ายของเมืองนั้น ข้อนี้รวมทั้งความเข้าใจในรูปร่างที่เป็นสามมิติที่แสดงแทนออกมาในภาพสองมิติ มีความเข้าใจในเรื่องของเงาและภาพที่มีความลึก (Perspective) และเข้าใจด้วยว่ามันทำงานอย่างไร
3. มิติสถานการณ์และบริบทที่สัมพันธ์กับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ลักษณะสำคัญของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือ การที่คณิตศาสตร์ได้เข้าไปเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาที่อยู่ในบริบทหนึ่ง ซึ่งเป็นบริบทในโลกจริงที่มีปัญหานั้นตั้งอยู่ ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้	
ส่วนตัว	1. บริบทส่วนตัว (Personal Context) บริบทนี้จะเน้นที่กิจกรรมของบุคคลครอบครัว หรือกลุ่มเพื่อน โดยอาจเป็นเรื่องส่วนบุคคล ซึ่งประกอบด้วย สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมอาหาร การช้อปปิ้ง การเล่นเกม สุขภาพส่วนบุคคล การเดินทาง กีฬา การท่องเที่ยว การจัดการเวลาส่วนบุคคล และการจัดการทางการเงินส่วนบุคคล

องค์ประกอบหลัก	ตัวบ่งชี้
อาชีพ	2. บริบททางการทำงานอาชีพ (Occupational Context) บริบทนี้เน้นที่การทำงานในโลกชีวิตจริง เช่น การวัดขนาด การคิดค่าใช้จ่าย และการสั่งซื้อ วัสดุสำหรับการก่อสร้าง การเงิน/การบัญชี การควบคุมคุณภาพ การจัดทำหนดการ/รายการสินค้า การออกแบบ/สถาปัตยกรรม และการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ บริบทเกี่ยวกับอาชีพอาจมีความเกี่ยวข้องตั้งแต่งานที่ใช้แรงงานโดยไม่ต้องใช้ทักษะ จนถึงงานที่ต้องใช้ความเชี่ยวชาญระดับสูง
สังคม	3. บริบททางสังคม (Societal Context) บริบทนี้เน้นที่ชุมชนหนึ่ง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระดับท้องถิ่น ระดับชาติ หรือระดับโลก เช่น ระบบการลงคะแนนเสียง การขนส่งสาธารณะ การปกครองนโยบายภาครัฐ ประชากร การโฆษณา สถิติแห่งชาติ และเศรษฐกิจ แม้ว่าบริบทดังกล่าวจะเป็นเรื่องส่วนบุคคล แต่ถือว่ามีผลต่อสังคมในภาพรวม
วิทยาศาสตร์	4. บริบททางวิทยาศาสตร์ (Scientific Context) บริบทนี้เกี่ยวข้องกับการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในโลกชีวิตจริง และประเด็นหรือหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น สภาพภูมิอากาศ หรือภูมิประเทศ ระบบนิเวศวิทยา การแพทย์ วิทยาศาสตร์อวกาศ พันธุกรรม การวัด และเรื่องที่เกี่ยวข้องกับโลกของคณิตศาสตร์ภายใต้บริบททางวิทยาศาสตร์

ตาราง 7 แสดงสรุปเกณฑ์ลักษณะของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ 5 ระดับ

ระดับ	ช่วงคะแนน	ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน
5 ดีมาก	25-30 คิดเป็นร้อยละ 80-100	นักเรียนสามารถสร้างกรอบความคิด สร้างข้อสรุป และใช้ประโยชน์ของข้อมูลบนพื้นฐานของการสำรวจตรวจสอบ และการสร้างตัวแบบของสถานการณ์ที่ซับซ้อนของปัญหา และสามารถใช้ความรู้ในบริบทที่ไม่คุ้นเคยและไม่เป็นไปตามแผนที่มิมาก่อน นักเรียนสามารถสร้างและใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) สำหรับปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน สามารถระบุข้อจำกัด และข้อตกลงเบื้องต้น เฉพาะเรื่องนั้น ๆ สามารถเลือก เปรียบเทียบ และประเมินถึง กลยุทธ์ การแก้ปัญหาที่เหมาะสม สามารถทำงาน อย่างมีกลยุทธ์โดยใช้ทักษะการคิดและทักษะการให้เหตุผล โดยนำมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสมกับการนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ สัญลักษณ์ และลักษณะของโจทย์คณิตศาสตร์ และมองเห็น ความสัมพันธ์เชื่อมโยงของสิ่งเร้าที่เข้ากับสถานการณ์ นักเรียน ที่ระดับนี้เริ่มพัฒนาความสามารถในการทำงานของตน และสามารถสื่อสารโดยการสรุปความและตีความในรูปแบบ การเขียนได้
4 ดี	19-24 คิดเป็นร้อยละ 60-79	นักเรียนสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบชัดเจน แต่อยู่ในสถานการณ์ซับซ้อนที่ค่อนข้างเป็นรูปธรรม และอาจมี ข้อจำกัดเข้ามาเกี่ยวข้อง หรืออาจต้องมีการกำหนดข้อตกลง เบื้องต้นบ้าง นักเรียนสามารถเลือกและบูรณาการการนำเสนอ แบบต่าง ๆ หลายแบบรวมทั้งการใช้สัญลักษณ์แทน โดยนำมา เชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง นักเรียนที่ระดับนี้สามารถใช้ ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่จำกัดและสามารถใช้เหตุผล ด้วยความเข้าใจในสถานการณ์ที่ตรงไปตรงมาได้ สามารถสร้าง และสื่อสารคำอธิบายหรือข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของการตีความ การโต้แย้ง และการกระทำของตนเอง

ระดับ	ช่วงคะแนน	ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน
3 ปานกลาง	13-18 คิดเป็นร้อยละ 40-59	นักเรียนสามารถทำโจทย์ตามตัวอย่างหรือวิธีการที่บอกไว้ชัดเจน รวมทั้งโจทย์ที่ต้องเลือกลำดับขั้นตอนด้วย การตีความของนักเรียนเพียงพอสำหรับเป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองอย่างง่าย หรือสำหรับการเลือก และการใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนสำหรับการแก้ปัญหานักเรียนที่ระดับนี้ สามารถตีความและใช้การนำเสนอทางคณิตศาสตร์จากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกันและใช้ความเป็นเหตุผลโดยตรงจากแหล่งข้อมูลนั้น ๆ ได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ร้อยละ เศษส่วน และทศนิยม และหาความสัมพันธ์ในเชิงสัดส่วน การแก้ปัญหานักเรียนสะท้อนให้เห็นว่ามีการตีความและใช้ความเป็นเหตุเป็นผลในขั้นพื้นฐานได้
2 น้อย	7-12 คิดเป็นร้อยละ 20-39	นักเรียนสามารถตีความ แปลความ และรู้สถานการณ์ในบริบทที่ไม่ซับซ้อนที่ต้องการตัวอ้างอิงไม่เกินสองตัว สามารถสกัดสาระสำคัญจากแหล่งเดียว และสามารถใช้รูปแบบการนำเสนออย่างง่าย ๆ เพียงขั้นเดียว นักเรียนที่ระดับนี้สามารถใช้ลำดับขั้นตอน สูตรคำนวณ กระบวนการ หรือข้อตกลงเบื้องต้นเพื่อแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเลขจำนวนเต็มและสามารถตีความผลลัพธ์ที่ได้แบบตรงไปตรงมา ระดับ 2 ถือว่าเป็นระดับพื้นฐานที่ควรจะมี (Minimum requirement) เป็นระดับที่แสดงว่านักเรียนพอจะใช้ประโยชน์จากคณิตศาสตร์ในชีวิตได้ในระดับเริ่มต้น
1 น้อยที่สุด	0-6 คิดเป็นร้อยละ 0-19	นักเรียนสามารถตอบคำถามคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทที่เคยพบหรือคุ้นเคยมาก่อน ซึ่งบริบทต้องให้ข้อมูลที่ชัดเจน และเป็นคำถามที่ถามตรง ๆ อย่างชัดเจน สามารถระบุสาระที่ต้องการและสามารถทำโจทย์ปัญหา ตามขั้นตอนที่เคยทำเป็นประจำโดยทำตามคำสั่งที่บอกไว้ในสถานการณ์อย่างชัดเจน สามารถทำได้เฉพาะเมื่อมีการบอกอย่างชัดเจนและทำโจทย์ตามตัวอย่างที่กำหนดให้ได้

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์อย่างนี้ โดยยึดหลักว่า จะต้องให้ทุกระดับมีช่วงคะแนนเท่ากัน จะเห็นได้ว่าคะแนนสูงสุด คือ 30 คะแนน มี 5 ระดับช่วงคะแนน ดังนั้นผู้วิจัยเกณฑ์การแบ่งช่วงคะแนน จากจำนวนระดับขั้นเท่ากับ 5 ขั้น (คะแนนจาก 0-30) คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับขั้น}} = \frac{30-0}{5} = 6$$

ดังนั้นในแต่ละช่วงคะแนนของระดับขั้นจะเท่ากับ 6 คิดเป็นการแบ่งช่วงคะแนนในแต่ละระดับขั้น ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2555)

คะแนนระหว่าง 25-30	(คิดเป็นร้อยละ 80-100)	หมายถึง มากที่สุด
คะแนนระหว่าง 19-24	(คิดเป็นร้อยละ 60-79)	หมายถึง มาก
คะแนนระหว่าง 13-18	(คิดเป็นร้อยละ 40-59)	หมายถึง ปานกลาง
คะแนนระหว่าง 7-12	(คิดเป็นร้อยละ 20-39)	หมายถึง น้อย
คะแนนระหว่าง 0-6	(คิดเป็นร้อยละ 0-19)	หมายถึง น้อยที่สุด

มโนทัศน์เกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ

การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้แบบทดสอบเพื่อเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้ ซึ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นตัวเชื่อมระหว่างการเรียนรู้จริงและการเรียนรู้ที่มุ่งหวัง นอกจากนี้ ยังช่วยให้ผู้เรียนกลับไปแก้ไขข้อบกพร่อง และรักษาสมรรถนะด้านความจำได้ด้วย ตลอดจนการให้ ข้อมูลย้อนกลับจะช่วยให้การทดสอบมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อผู้เรียนตอบผิด

1. ความหมายของการให้ข้อมูลย้อนกลับ

ข้อมูลย้อนกลับเป็นข้อมูลสารสนเทศสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของตนเอง เพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อย เพื่อนำไปสู่การพัฒนาตนเองได้ และจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักการศึกษา และนักวิจัยได้ให้ความหมายของข้อมูลย้อนกลับไว้ดังนี้

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2544) ข้อมูลย้อนกลับ (feedback) คือ ปฏิกริยาโต้กลับของโปรแกรมที่มีต่อการตอบสนองของผู้เรียน และมีได้หลายรูปแบบไปถึงข้อความและกราฟฟิก ในบทเรียนข้อมูลย้อนกลับ จะต้องเพิ่มให้ผู้เรียนคิดและเข้าใจในสารสนเทศที่ได้รับ

The Encyclopedia of Education (1971) ได้ให้ความหมายของข้อมูลย้อนกลับ (feedback) ว่าเป็นข้อความที่บอกให้ผู้เรียนรู้ถึงความสำเร็จหรือความถูกต้องแน่นอนในการกระทำของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนรู้ผลการตอบสนองหรือพฤติกรรมของตนที่ได้แสดงออกมาว่าถูกหรือผิด

Cater (1984) ได้ให้ความหมายของการให้ข้อมูลย้อนกลับว่า เป็นข้อมูลที่ช่วยในการเรียนรู้โดยที่ข้อมูลย้อนกลับจะเป็นตัวทำหน้าที่ประเมินหรือช่วยตรวจแก้การตอบสนองที่ผู้เรียนจะกระทำต่อสิ่งเร้าในขั้นต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ (Cohen, 1985) ที่สรุปว่า เป็นการให้ข้อมูลแก่ผู้เรียนหลังจากได้ตอบสนองต่อสิ่งเร้า

รุ่งนภา พงดาวิรัตน์ (2533) สรุปเกี่ยวกับข้อมูลย้อนกลับว่าหมายถึง การแสดงให้ผู้เรียนรู้ผลการตอบสนองของตนเองทันที โดยวิธีใดก็ได้ไม่ว่าคำตอบนั้นจะถูกหรือผิด

วัชรินทร์ เพชรชู (2539) ได้สรุปข้อมูลย้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง รูปแบบการให้ข้อมูลแก่ผู้เรียนหลังจากที่กระทำกับบทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนรับทราบผลการตอบสนองความก้าวหน้า ซึ่งเป็นการเสริมแรงที่สำคัญในกระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

Chauhan (1982) กล่าวว่า ข้อมูลย้อนกลับเป็นเทคนิคที่สำคัญสำหรับการเรียนจากบทเรียนโปรแกรมทำให้ผู้เรียนได้ทราบว่าคำตอบของเขาถูกต้องหรือไม่ โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับในแต่ละขั้นของการเรียนจากโปรแกรม การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นรูปแบบหนึ่งของการให้แรงเสริมต่อคำตอบที่ถูกต้อง

Gagne (1975) กล่าวว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับ หมายถึงการให้ผู้เรียน สังเกตเห็นผลการกระทำของตนเอง

Deese and Hulse (1967) กล่าวว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับ หมายถึง การให้ข้อมูลแก่ผู้เรียนเกี่ยวกับการตอบสนองของเขา ซึ่งจะมีผลทำให้ผู้เรียนได้แก้ไขสิ่งที่ผิดให้ถูกต้องในการทดสอบครั้งต่อไป และการให้ผู้เรียนรู้ผลการกระทำ โดยตรงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เฉพาะแต่ในด้านพฤติกรรมเท่านั้น แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะเจาะจงบางอย่างซึ่งทำให้การกระทำของผู้เรียนเข้าใกล้เกณฑ์ (Criterion) ที่กำหนดไว้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

Kazdin (1984) กล่าวว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับคือการให้บุคคลรู้ผลการกระทำของตนเองรวมทั้งความก้าวหน้าที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะสามารถเสริมแรงของตนเองได้

Freedman (1986) ได้ให้ความหมายของการให้ข้อมูลย้อนกลับว่าเป็น ปฏิกริยาโต้ตอบทุกอย่างที่มีต่องานเขียนของนักเรียนในรูปแบบของการเขียนหรือพูดปากเปล่าจากครูผู้สอนหรือเพื่อนที่มีต่องานเขียนฉบับร่าง หรือฉบับจริง โดยการชี้แนะอย่างชัดเจนหรือให้ แนวคิดอย่างคร่าว ๆ ก็ได้ทั้งสิ้น กระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นกระบวนการในการทำงานร่วมกัน ระหว่างครู

กับนักเรียน เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างงานของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการเขียนเพิ่มขึ้น จนสามารถเขียนได้อย่างอิสระ

สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต (2549) ให้ความหมายของการให้ข้อมูลย้อนกลับว่าหมายถึง การชี้ให้เห็นว่าสิ่งที่บุคคลกระทำนั้นได้ผลเป็นอย่างไรจากการที่รู้ตัวว่าสิ่งที่ทำนั้น เป็นผลอย่างไร จะทำให้เกิดเป็นแรงเสริมในการดำเนินกิจกรรมต่อไป สรุปได้ว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นกระบวนการที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียน สามารถแสดงความคิดเห็น หรือแสดงออกถึงปฏิกิริยาใด ๆ ก็ตามที่มีต่อการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยการแสดงออกผ่านทางลายเส้นหรือทางการพูดปากเปล่าก็ได้ เพื่อเป็นส่วนช่วยให้ผู้เรียนเกิด การพัฒนาและเกิดการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น

พรศรี ลีทวีกุลสมบูรณ์ (2539) ได้ศึกษาความหมายของคำว่าข้อมูลย้อนกลับ และกล่าวไว้ว่า ข้อมูลย้อนกลับเป็นข้อมูลที่แสดงให้ผู้เรียนทราบเกี่ยวกับผลของการกระทำของตนเอง ว่าถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ และทราบความก้าวหน้าในการเรียนของตนเอง โดยที่ข้อมูลย้อนกลับนั้น อาจจะแสดงผ่านทางภาพ เสียง เป็นคำพูดหรือไม่เป็นคำพูดก็ได้

ข้อมูลย้อนกลับ หมายถึง การให้ข้อมูลผ่านข้อความ เสียง รูปภาพ หลังจากการตอบสนอง ของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบว่า ผลการตอบถูกต้องหรือไม่ อีกทั้งยังทำให้ทราบความก้าวหน้าของ ตนเอง นำไปสู่การทำความเข้าใจ แก้ไขปรับปรุงจุดบกพร่องในกรณีที่คำตอบนั้น ผิด และเป็นการ ส่งเสริมแรงจูงใจแก่ผู้เรียน (Cater, 1984; Cohen, 1985; สุกัญญา นิมานันท์, 2533) ทั้งนี้การให้ข้อมูลย้อนกลับถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียน (Hattie, 2007)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ข้อมูลย้อนกลับ หมายถึง การให้ข้อมูลผ่านข้อความ เสียง รูปภาพ หลังจากการตอบสนองของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบว่า ผลการตอบถูกต้องหรือไม่ ทราบความก้าวหน้าของตนเอง นำไปสู่การทำความเข้าใจ แก้ไข ปรับปรุง จุดที่บกพร่อง หากคำตอบนั้นผิด และเป็นการเสริมแรงแก่ผู้เรียนเมื่อตอบถูก

2. เทคนิควิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการส่งเสริม การเรียนรู้ และการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for learning) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในยุคปัจจุบัน ต้องการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้แนวคิดนี้ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนระหว่างผู้เรียนและครู พัฒนาความรู้ความสามารถของผู้เรียนโดยมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนในระยะยาวมากกว่า ข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับจากครูรวมถึงการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้แบบมิตร การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนใน 3 ลักษณะ ได้แก่ การให้ข้อมูลกระตุ้นการเรียนรู้ (Feed up) การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) และการให้ข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ต่อยอด

(Feed forward) เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนตระหนักในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องสอดคล้องกับการประเมินผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ให้ความสำคัญกับการประเมินเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ของผู้เรียน (Improve Student Learning) การประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for learning) และใช้การประเมินเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ (Assessment as Learning) จุดมุ่งหมายการประเมินระหว่างเรียน เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง การให้ข้อมูลย้อนกลับนักเรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญของการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ มีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนซึ่งไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว แต่ขึ้นอยู่กับบริบทของการจัดการเรียนรู้ การให้ข้อมูลแก่นักเรียนที่มีประสิทธิภาพจะต้องตรงประเด็น อธิบายผลที่เกิดตามจริงและทันเวลา เพื่อนักเรียนจะได้แก้ไขได้ทันท่วงทีจะไม่ตัดสินใจถูกหรือผิด แต่จะบอกให้นักเรียนเห็นประเด็นตามเกณฑ์ แล้วสรุปการปฏิบัติของตนเองว่าเป็นอย่างไร ห่างจากเป้าหมายอย่างไร และต้องทำอะไรต่อไป เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย การให้ข้อมูลแก่นักเรียนที่มีประสิทธิภาพส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เพราะนักเรียนได้ฝึกฝนการประเมินตนเอง อย่างไรก็ตาม

Nancy Frey and Douglas Fisher (2011) ปรับปรุงจาก Hattie and Timperley ได้เสนอรูปแบบการประเมินระหว่างเรียนที่มีประสิทธิภาพว่า การให้ข้อมูลแก่นักเรียน มีองค์ประกอบ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจในการเรียน (Feed up)

โดยแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และการประเมินที่ชัดเจนเพื่อให้นักเรียนเห็นคุณค่าในการเรียนรู้และการประเมิน ทำให้ครูมั่นใจได้ว่า นักเรียนมีความเข้าใจจุดประสงค์การเรียนรู้ ความคิดรวบยอด ภาระงาน และการประเมินผล

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความเข้าใจเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Checking for Understanding) โดยการพูด ตอบคำถาม การนำเสนอการเขียน ฯลฯ

ขั้นที่ 3 การให้ข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับความสำเร็จและสิ่งที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาหรือปรับปรุงแก้ไขแก่นักเรียน (Feedback)

ขั้นที่ 4 การให้คำแนะนำชี้แนะแนวทางบนพื้นฐานของข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดพัฒนาการเรียนรู้ที่สูงขึ้น (Feed forward)

3. รูปแบบของข้อมูลย้อนกลับ

การให้ข้อมูลย้อนกลับมีหลายรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป โดยมีผู้ที่แบ่งประเภทของการให้ข้อมูลย้อนกลับไว้หลายรูปแบบด้วยกัน ดังนี้

การให้ข้อมูลย้อนกลับในการสอบสามารถจำแนกออกเป็นรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยใช้เกณฑ์ ในการพิจารณาจัดกลุ่มของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับจำนวน 6 เกณฑ์ ได้แก่

รูปแบบการให้ข้อมูล ย้อนกลับที่จำแนกตาม 1) ผลต่อแรงจูงใจ 2) ระยะเวลาการให้ข้อมูลย้อนกลับ 3) จำนวนครั้งหรือ ความถี่ในการให้ข้อมูลย้อนกลับ 4) ระดับของรายละเอียดในการให้ข้อมูลย้อนกลับ 5) รูปแบบการ นำเสนอของการให้ข้อมูลย้อนกลับ 6) แหล่งที่มาของข้อมูลย้อนกลับ จากเกณฑ์ ในการจำแนกรูปแบบ การให้ข้อมูล ทำให้สามารถจัดกลุ่มรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับได้ 6 รูปแบบ (จุฬารัตน์ มาสันเทียะ, 2560) โดยแต่ละรูปแบบมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีผลต่อแรงจูงใจ

รูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับเมื่อจำแนกตามรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับ ที่มีผลต่อแรงจูงใจ สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบจูงใจ หรือเสริมแรง (motivational feedback) 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับในเชิงบวก (Positive Feedback) 3) การให้ข้อมูลย้อนกลับในเชิงลบ (Negative Feedback) โดยแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบจูงใจหรือเสริมแรง (Motivational feedback)

Cater (1984); Cohen (1985) และสุกัญญา นิมนันท์ (2533) ได้ให้ความหมายของการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบจูงใจหรือเสริมแรง ว่าเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในรูปของการชมเชย หรือการให้รางวัล เพื่อเสริมแรงให้ผู้เรียนเกิดความคงทนในการจำและสร้างกำลังใจในการเรียนลำดับต่อไป การให้ข้อมูลย้อนกลับในลักษณะนี้ไม่มีการลงโทษต่อคำตอบที่ผิด

2) การให้ข้อมูลย้อนกลับในเชิงบวก (Positive Feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับในเชิงบวก คือ การบรรยาย/อธิบายถึงพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับว่ามีพฤติกรรมที่ดีอย่างไร สิ่งใดเป็นการกระทำที่ถูกต้องเหมาะสม เพื่อให้ผู้ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับเกิดแรงจูงใจที่จะปฏิบัติพฤติกรรมนั้นอย่างต่อเนื่อง และควรที่จะให้อย่างต่อเนื่องและชัดเจน แต่ถ้าหากผู้สอนไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับในเชิงบวกแก่ผู้เรียน อาจส่งผลให้พฤติกรรมนั้น ๆ ไม่ได้รับการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง

3) การให้ข้อมูลย้อนกลับในเชิงลบ (Negative Feedback)

จกการวรรณ มุสิกทอง และพิจิตรา เล็กดำรงกุล (2556) ได้ให้ความหมายของการให้ข้อมูลย้อนกลับในเชิงลบ (negative feedback) ว่าเป็นการอธิบายพฤติกรรมของตัวบุคคล ที่จำเพาะเจาะจงว่าผู้เรียนทำเรื่องนั้น ๆ ที่ไม่ได้ตามที่คาดหวังหรือตามที่ควรจะเป็นว่ามีความไม่เหมาะสมอย่างไร โดยกล่าวเฉพาะพฤติกรรมเรื่องนั้น ๆ เพียงอย่างเดียว มิใช่ตัวตนของผู้เรียน พร้อมทั้งบอกแนวทางที่จำเพาะในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อก่อให้เกิดการปรับปรุงในทางที่ดีขึ้น ไม่ปฏิบัติพฤติกรรมนั้นอีก

2. รูปแบบการให้ข้อมูลที่จำแนกตามระยะเวลาการให้ข้อมูลย้อนกลับ

รูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับเมื่อจำแนกตามระยะเวลาการให้ข้อมูลย้อนกลับสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) การให้ข้อมูลย้อนกลับในภายหลัง/การให้ข้อมูลย้อนกลับล่าช้า (Delayed feedback) 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับทันที (Immediate feedback) โดยแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การให้ข้อมูลย้อนกลับในภายหลัง/การให้ข้อมูลย้อนกลับล่าช้า (Delayed feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับในภายหลัง/การให้ข้อมูลย้อนกลับล่าช้า (Delayed feedback) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับหลังจากที่นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมหรือตอบคำถามจนครบ (Neha Sinhaa, 2015)

2) การให้ข้อมูลย้อนกลับทันที (Immediate feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับทันที (Immediate feedback) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับในภายหลังจากผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมที่คาดหวังทันที (Neha Sinhaa, 2015) เช่น การให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีหลังจากการตอบข้อสอบ การเขียนบรรยาย การพูด เพื่อให้เกิดการพัฒนาและปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ตลอดจนทราบจุดอ่อนจุดแข็งของตนเองในความรู้ที่ได้เรียนไป โดยผู้สอบที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับทันทีจะเกิดการพัฒนาการเรียนรู้ในสถานการณ์ที่แตกต่างกันได้ดีกว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับในภายหลัง (Adam M. Persky, 2008) ขณะเดียวกันก็มีงานวิจัยที่พบว่า ผู้สอบมีเจตคติและแรงจูงใจในเชิงบวกต่อการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันที โดยมีระดับเจตคติและแรงจูงใจที่สูงกว่าการได้รับข้อมูลย้อนกลับในภายหลัง (Fabienne M. van der Kleij, 2012) ในทางตรงกันข้ามกลับพบว่า ผู้สอบที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับในภายหลังจะมีระดับความสามารถที่สูงกว่าผู้สอบที่ได้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Andrew C. Butler, 2007; Neha Sinhaa, 2015) โดยผลการตอบข้อสอบที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับในภายหลังมีโอกาสตอบถูกสูงกว่าการได้รับข้อมูลย้อนกลับทันที (Janet Metcalfe, 2009) สอดคล้องกับการวิจัย ในนักเรียนที่ได้รับการทดสอบโดยใช้ข้อสอบแบบเติมคำตอบสั้นที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับในภายหลัง ได้คะแนนสูงกว่าและมีความมั่นใจกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบทันที (Neha Sinhaa, 2015) เนื่องจากการให้ข้อมูลย้อนกลับในภายหลังมีระยะห่างของเวลาที่ให้ข้อมูลย้อนกลับแล้วไปทำ แบบทดสอบปลายภาคไม่ห่างกันมาก ทำให้นักเรียนสามารถจดจำข้อมูลความรู้สำหรับนำไปใช้ในการ ตอบข้อสอบได้มากกว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับหลังจากการสอบครั้งแรกทันที

3. รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับเมื่อจำแนกตามเงื่อนไขของการให้ข้อมูลย้อนกลับ

Kleij (2012) พบว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนแม้ว่าผู้เรียนจะตอบถูก ซึ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับเช่นนี้ พบได้น้อยมากและมีความแตกต่างจากการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบดั้งเดิม คือ ให้ข้อมูล ย้อนกลับเฉพาะกรณีที่นักเรียนตอบผิด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้จัดประเภทการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยจำแนก ตามเงื่อนไขของการให้ข้อมูล ได้เป็น 2 ประเภท 1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบสมบูรณ์ (Full Feedback) 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบางส่วน (Partial Feedback) โดยแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบสมบูรณ์ (Full Feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบสมบูรณ์ (Full Feedback) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนไม่ว่าผู้เรียนจะตอบถูกหรือตอบผิด ในกรณีที่นักเรียนตอบถูกนั้นจะมีการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อแสดงให้เห็นว่าตัวลงหรือคำตอบที่ไม่ถูกนั้นไม่ถูกอย่างไร เพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนรอบด้าน แม้ว่าจะตอบถูกซึ่งอาจมาจากความสามารถที่แท้จริง หรืออาจมาจากการเดาคำตอบก็ได้

2) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบางส่วน (Partial Feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบางส่วน (Partial Feedback) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับ แก่ผู้เรียนเฉพาะในกรณีที่นักเรียนตอบผิด ซึ่งเป็นรูปแบบที่พบได้ทั่วไปในการประเมินความก้าวหน้า ของผู้เรียนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

4. รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับเมื่อจำแนกตามจำนวนครั้งหรือความถี่ในการให้ข้อมูล

รูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับเมื่อจำแนกตามจำนวนครั้งหรือความถี่ในการให้ข้อมูล สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท 1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบมาตรฐาน (Standard) 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับแล้วตอบจนกว่าจะถูก (Answer-until correct /Multiple-try feedback) โดยแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบมาตรฐาน (Standard)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบมาตรฐาน (Standard) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้สอบเพียงครั้งเดียว โดยแสดงเฉพาะคำตอบที่ถูกต้องและไม่เปิดโอกาสให้แก้ไขคำตอบนั้น ซึ่งผู้สอบจะได้ประโยชน์คือได้ทราบว่าคำตอบที่ตนตอบไปนั้นถูกต้องหรือผิด (Andrew C. Butler, 2007)

2) การให้ข้อมูลย้อนกลับแล้วตอบจนกว่าจะถูก (Answer-until correct /Multiple-try feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแล้วตอบจนกว่าจะถูก คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีหลังจากที่ตอบคำตอบแรกไป บางครั้งจึงเรียกวิธีการนี้ว่า “Immediate Feedback Assessment

Technique (IF-AT)” หากพบว่าคำตอบแรกผิดก็จะมีโอกาสให้นักเรียนได้ตอบคำถามไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะเจอคำตอบที่ถูกต้อง (Andrew C. Butler, 2007) ทั้งนี้การให้ข้อมูลย้อนกลับแล้วนักเรียนตอบจนกว่าจะถูกต้องนั้น มิได้เป็นเพียงแต่การประเมินเท่านั้นแต่ยังเปรียบเสมือนการสอนที่ช่วยกระตุ้นสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย (Roberta E. Dihoff, 2003)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแล้วตอบจนกว่าจะถูกต้อง (Answer-until correct /Multiple try feedback) สามารถจำแนกได้อีก 2 ชนิด คือ

1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแล้วตอบจนกว่าจะถูกต้องด้วยการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง (Multiple-try feedback with knowledge of the correct response; MTC)

2) การให้ข้อมูลย้อนกลับแล้วตอบจนกว่าจะถูกต้องด้วยการให้ข้อมูลย้อนกลับหลังจากคำตอบแรกผิด (Multiple-try feedback with hints after an initial incorrect response; MTH)

5. รูปแบบการให้ข้อมูลที่จำแนกตามระดับของรายละเอียดในการให้ข้อมูล

รูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับเมื่อจำแนกตามระดับของรายละเอียดในการให้ข้อมูล สามารถจำแนกออกเป็น 5 ประเภท 1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (knowledge of result feedback ; KOR) 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง (corrective feedback หรือ knowledge of corrective result feedback ;KCR) 3) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด (Elaborated feedback) 4) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะ (Directive Feedback) 5) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม (Mixed Feedback) โดยแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (knowledge of result feedback; KOR)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (knowledge of result feedback ; KOR) หมายถึง ข้อมูลย้อนกลับแบบเฉลยคำตอบ (correct/incorrect message) ซึ่งจะบอกผู้เรียน ว่าคำตอบของผู้เรียนถูกหรือผิด

2) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง (corrective feedback หรือ knowledge of corrective result feedback; KCR)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง (corrective feedback หรือ knowledge of corrective result feedback ; KCR) หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ให้ข้อมูล

และคำอธิบายเกี่ยวกับการกระทำของผู้เรียนว่าถูกหรือผิด พร้อมทั้งบอกแนวทางที่ถูกต้องให้กับผู้เรียน

3) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด (Elaborated feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด (Elaborated feedback /Explanatory feedback) หมายถึง การบอกข้อมูลผลการตอบคำถามของผู้เรียนว่ามีความถูกต้องหรือไม่ อีกทั้งยังบอกขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างละเอียดและหลากหลายวิธี เพื่อให้ผู้เรียนนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง หรือความเข้าใจผิด อันจะเพิ่มเติมความรู้ให้ผู้เรียน ประกอบการตัดสินใจของผู้เรียน โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดจะเป็นการให้ข้อมูลที่อธิบายว่าทำไมคำตอบที่ถูกจึงถูก หรือทำไมคำตอบที่ผิดจึงผิด การให้ข้อมูลย้อนกลับรูปแบบนี้มีรูปแบบที่ซับซ้อน (complex forms) ซึ่งอาจใช้การอธิบาย (explain) การชี้แนะ (direct) หรือการกำกับติดตาม (monitor) ซึ่งอาจจะใช้ร่วมกับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (knowledge of result feedback; KOR) เป็นข้อมูลย้อนกลับแบบเฉลยคำตอบ (correct/incorrect message) ที่จะบอก ผู้เรียนว่าคำตอบของผู้เรียนถูกหรือผิด หรือข้อมูลย้อนกลับแบบบอกข้อถูก (knowledge of correct result feedback; KCR) เป็นข้อมูลย้อนกลับบอกคำตอบที่ถูกต้อง

4) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะ (Directive Feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะ (Directive Feedback) หมายถึง ข้อมูลย้อนกลับ ที่ชี้แนะ (cue) หรือกระตุ้น (prompt) ที่มีการแนะนำวิธีการแก้ปัญหาให้ผู้เรียนบอกผลการตอบคำถามของผู้เรียนว่ามีความถูกต้องหรือไม่ การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเป็นกลวิธีที่จะนำไปสู่การตอบถูกโดยการให้ข้อแนะนำในการแก้ปัญหา หรือนำผู้เรียนไปสู่ความเข้าใจสารสนเทศที่ผู้เรียนไม่เข้าใจ เช่น การให้ผู้เรียนทบทวน (review) กรอบเนื้อหาในบทเรียนเสนอแนวทางหลักการข้อมูลที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา การใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนให้คิดพร้อมยกตัวอย่างการแก้ปัญหาที่ใกล้เคียง กับปัญหาที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ในขณะนั้น แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาพร้อมเสนอแนะตัวเลือกเป็น แนวทางในการแก้ปัญหา เพื่อเพิ่มและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนที่มีต่อข้อมูลย้อนกลับ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความช่างสังเกตวิธีการ ขั้นตอนการแก้ปัญหา หลักการต่าง ๆ ที่นำมาปรับใช้ให้ผู้เรียน ประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหา ข้อมูลย้อนกลับประเภทนี้จึงขาดการอธิบายรายละเอียดของวิธีการ แก้ปัญหา โดยผู้เรียนเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาจากตัวอย่างที่เพิ่มเติมมา จากนั้นจะมีการทวนโจทย์ ข้อคำถามเดิมอีกครั้งโดยใช้คำถามกระตุ้น พร้อมทั้งเสนอตัวเลือกในการแก้ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนคิด ทบทวนไตร่ตรอง ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ความเข้าใจผิดของตนเองประกอบการตัดสินใจของ ผู้เรียน ดังนั้นข้อมูลย้อนกลับจะทำให้ผู้เรียน

ทราบว่าวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องเป็นอย่างไร ผู้เรียนต้อง ฝึกสังเกตจากตัวอย่างเพื่อนำข้อมูล มาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่

5) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม (Mixed Feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม (Mixed Feedback) หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีลักษณะผสมระหว่างการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีทั้งการอธิบายรายละเอียด ด้วยการ ยกตัวอย่างปัญหาที่มีความใกล้เคียงกับปัญหาที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ในขณะนั้น หลังจากนั้น จะมีการทวนโจทย์ข้อคำถามเดิมอีกครั้งโดยใช้คำถามกระตุ้นพร้อมเสนอตัวเลือกในการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียน ไตร่ตรองว่าจะเลือกแนวทางแก้ปัญหาแบบใด พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ความเข้าใจผิดของตนเอง

6. รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับจำแนกตามรูปแบบการนำเสนอของการให้ข้อมูล

รูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับเมื่อจำแนกตามรูปแบบการนำเสนอของการให้ข้อมูล สามารถจำแนกออกเป็น 1) การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้การเขียน (Written corrective feedback) 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้การพูด (Oral Feedback/Verbal Feedback) 3) การให้ข้อมูล ย้อนกลับโดยใช้รหัส (Code Feedback) โดยแต่ละประเภท มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้การเขียน (Written feedback; WCF)

การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้การเขียน (Written feedback) คือ วิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบประเพณีนิยม ซึ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้การเขียนช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน ให้ดียิ่งขึ้น (Buckley, 2012) นอกจากนี้ การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยการเขียนนั้น ยังเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนเกี่ยวกับข้อผิดพลาดทางภาษาโดยใช้วิธีการเขียน การวงกลม การขีดเส้นใต้ หรือให้สัญลักษณ์ต่าง ๆ เพื่อชี้แจงให้เห็นตำแหน่งที่ผิด โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบนี้มีผลต่อความเชื่อมั่น ผูกพันต่อการเรียนภาษาของผู้เรียนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ควรทราบถึงภูมิหลัง และพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยการเขียนในการเรียนรู้ทางภาษา อย่างรอบคอบเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น (Ye Han, 2015)

2) การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้การพูด (Oral Feedback/Verbal Feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้การพูด (Oral Feedback/Verbal Feedback) คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนโดยใช้วิธีการพูด เพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ประโยคที่ผู้เรียนได้พูดออกมา ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการประเมินและการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับภาษาต่างประเทศ (Rassaei, 2015) การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยการพูดในการสอนภาษาอังกฤษ มีรูปแบบการให้ข้อมูล ย้อนกลับที่แตกต่างกันจำแนกได้เป็น 2 รูปแบบคือ Metalinguistic

corrective feedback และ Recast corrective feedback (Rassaei, 2015) โดยมีรายละเอียดของแต่ละรูปแบบดังนี้

2.1) Metalinguistic corrective feedback คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ครูจะให้คำอธิบายทางด้านไวยากรณ์ว่า ประโยคที่ผู้เรียนกล่าวออกมานั้นถูกต้องหรือไม่อย่างไร

2.2) Recast corrective feedback คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ครูจัดรูปแบบหรือแก้ไขประโยคใหม่ให้ถูกต้องหลังจากที่ผู้เรียนได้พูดออกมาแต่ไม่ได้มีคำอธิบายเพิ่มเติมแต่อย่างใด

จากการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้การพูดที่แตกต่างกันพบว่า นักเรียนที่มีระดับความวิตกกังวลเกี่ยวกับภาษาต่างประเทศต่ำ ได้รับประโยชน์จากการให้ข้อมูลย้อนกลับจากทั้ง 2 แบบ ขณะที่นักเรียนที่มีระดับความวิตกกังวลสูง ได้ประโยชน์จากข้อมูลย้อนกลับ แบบ recasts corrective feedback มากกว่า metalinguistic corrective feedback (Rassaei, 2015) ขณะที่เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ใช้การเขียนและการพูดพบว่า นักเรียนจะสามารถเข้าใจข้อมูลย้อนกลับในรูปแบบของเสียงได้ดีกว่ารูปแบบการเขียน (Buckley, 2012)

3) การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้รหัส (Code Feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้รหัส (Code Feedback) คือ รูปแบบการให้ข้อมูลที่อาศัยการใช้ตัวอักษรย่อแทนการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีรายละเอียด โดยรหัสที่ให้จะมีการให้คำอธิบาย และให้รายละเอียดว่ารหัสนั้นแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีปัญหาใดบ้าง ซึ่งภายหลังจากการได้รับข้อมูลย้อนกลับโดยใช้รหัส จะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการประเมินตนเองว่ามีจุดแข็ง จุดอ่อน อย่างไร

7. รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับจำแนกตามแหล่งที่มาของข้อมูลย้อนกลับ

รูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับเมื่อจำแนกตามแหล่งที่มาของข้อมูลย้อนกลับสามารถ จำแนกออกเป็น 4 ประเภท 1) ครู/อาจารย์ 2) เพื่อน 3) ผู้ปกครอง 4) ระบบออนไลน์หรือระบบอัตโนมัติ โดยแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ครู/อาจารย์

ครูมักจะเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับส่วนใหญ่แก่นักเรียน ยกตัวอย่างเช่นงานวิจัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับของครูเกี่ยวกับความถูกต้องของภาษา form-focused corrective feedback (FFCF) ซึ่งมี 2 รูปแบบ คือ 1) direct error correction คือ การแก้ไขคำตอบให้แก่ผู้เรียน 2) metalinguistic feedback คือ การให้คำอธิบายเกี่ยวกับไวยากรณ์ทางภาษาแล้วให้ผู้เรียนแก้ไขคำตอบเอง โดยรูปแบบการให้คำอธิบายเกี่ยวกับไวยากรณ์ทางภาษาที่แตกต่างกันนั้นก็ส่งผลให้

มีระดับความสามารถทางภาษาที่แตกต่างกันด้วย โดยจากการสัมภาษณ์นักเรียนส่วนใหญ่คิดเป็น 80% พบว่า ต้องการได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับจากครู (Diab, 2015)

2) เพื่อน

การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อน คือ การใช้แหล่งข้อมูลของผู้เรียน และการปฏิสัมพันธ์กับแหล่งต่าง ๆ ที่ได้เรียนเพื่อแสดงความคิดเห็นต่อกระบวนการเขียนงาน ซึ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยเพื่อนนั้นจัดว่าเป็นความสัมพันธ์ทางสังคม การพัฒนาทางเขาวนปัญญา ตลอดจนเป็นการก่อให้เกิดความก้าวหน้าทางความคิดสร้างสรรค์ (Gülsah Çinar Yastibas, 2015) การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนสำหรับการประเมินความก้าวหน้าในการเรียน เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา โดยในปัจจุบันนี้ได้มีการนำระบบออนไลน์มาประยุกต์ใช้ ร่วมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อน ทำให้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทการประเมินการเขียนผ่านระบบออนไลน์โดยเพื่อน โดยมีการศึกษาถึงระดับของรายละเอียดของข้อมูลที่เพื่อนได้ให้ข้อมูลย้อนกลับซึ่งแตกต่างกัน คือ การให้ข้อมูลแบบอธิบาย รายละเอียดที่ดีที่สุด (Mario Gielen, 2015) นอกจากนี้ในการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนแก่ผู้เรียน ในการประเมินการเขียนทำให้นักเรียนมีความมั่นใจมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีระดับความวิตกกังวล ในการเขียนลดลง (Gülsah Çinar Yastibas, 2015)

3) ตนเอง

การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยตนเอง คือ การแก้ไขข้อบกพร่อง หรือจุดผิดพลาด ในงานเขียนด้วยตนเอง โดยจากการศึกษาวิจัยการให้ข้อมูลย้อนกลับในการเขียนโดยครู และโดยตนเองนั้น พบว่า กรณีที่นักเรียนแก้ไขงานเขียนด้วยตนเองนักเรียนมีความคาดหวัง เพื่อที่จะให้ได้คะแนนสูงขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยครูและโดยตนเองนั้น จะพบว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยตนเองจะมีข้อผิดพลาดมากกว่าที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับ จากครูผู้สอน (Diab, 2015) แต่เมื่อพิจารณาในด้านเจตคติของผู้เรียนที่ได้มีการศึกษาความแตกต่าง ของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับ จำนวน 3 รูปแบบ คือ 1) การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยอิงตนเอง ; self-referential feedback 2) การให้ ข้อมูลย้อนกลับโดยอิงกลุ่ม; normative feedback 3) การไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ; no feedback พบว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยอิงตนเองนั้นส่งผล ให้ผู้เรียนมีความสุขสนุกสนาน (enjoyment) และไม่มีความโกรธ (anger) (Reinhard Pekrun, 2014)

4. การวัดความสามารถทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถทางการเรียน ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ผู้วิจัยได้ศึกษาจำแนกออกเป็น 2 ประเด็น คือ 4.1) เครื่องมือที่ใช้

ในการทดสอบ ความสามารถทางการเรียนที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ 4.2) วิธีการวัดความสามารถทางการเรียนที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความสามารถทางการเรียนที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

จากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบที่มีการให้ ข้อมูลย้อนกลับประกอบด้วย 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบสอบเขียนตอบ (Paper-based Test: PBT) และ แบบทดสอบในระบบคอมพิวเตอร์ (Computer-based Test: CBT) โดยแต่ละรูปแบบมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.1.1 แบบสอบเขียนตอบ (Paper-based Test: PBT) เป็นแบบสอบที่กำหนดให้ผู้สอบตอบโดยใช้การเขียน โดยแบบสอบแบบเขียนตอบที่นักวิจัยศึกษาสามารถจำแนกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบสอบแบบปรนัย และแบบสอบแบบอัตนัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

- **แบบสอบปรนัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ** การใช้แบบสอบปรนัยแบบหลายตัวเลือกที่เป็นการเลือกตัวเลือกลงไปในกระดาษคำตอบนั้นเป็นวิธีการทดสอบที่ใช้มานาน ขณะเดียวกันก็เริ่มมีการศึกษาเกี่ยวกับทดสอบโดยใช้แบบสอบปรนัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ในกระดาษคำตอบมากขึ้น เพื่อศึกษาการตอบของนักเรียนโดยกระดาษคำตอบนี้จะถูกผลิตโดยใช้สารเคมีที่มีความพิเศษ เพื่อให้สามารถใช้ในการให้ข้อมูลย้อนกลับได้ โดยมีกลไกในการนำไปใช้ในการทดสอบ คือ เมื่อผู้สอบฝนคำตอบลงในช่องคำตอบแล้วหากเป็นคำตอบที่ถูกจะปรากฏเป็นรูป * แต่หากฝนคำตอบไม่ถูกช่องนั้นก็จะยังคงปรากฏเป็นช่องสีดำเหมือนเดิม

- **แบบสอบอัตนัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ** แบบสอบอัตนัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ส่วนใหญ่ที่มีการศึกษามักจะเป็นข้อสอบเกี่ยวกับการใช้ภาษา ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการใช้ภาษานั้นจะมีการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อแก้ไขข้อความหรือประโยคที่เขียนแล้วไม่ถูกต้อง ซึ่งมีรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกัน โดยพบว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแตกต่างกันใน การ ประเมินการเขียน ส่งผลให้มีระดับความสามารถทางภาษาที่แตกต่างกัน (Diab, 2015; Fageiha, 2015; Gielen, 2015; Rassaei, 2015; Han, 2015)

4.1.2 แบบทดสอบในระบบคอมพิวเตอร์ (Computer-based Test: CBT)

เป็นแบบสอบที่ทดสอบผ่านระบบคอมพิวเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้สามารถประมวลผลการสอบรวดเร็วขึ้น และลดความผิดพลาดในการระบายคำตอบลงในกระดาษคำตอบ ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมา ได้ศึกษาการทวนคำตอบโดยทดสอบผ่านระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งเมื่อจำแนกตามรูปแบบของ แบบทดสอบสามารถ แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

แบบสอบปรนัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับในระบบ คอมพิวเตอร์ และแบบสอบอัตนัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับในระบบคอมพิวเตอร์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- แบบสอบปรนัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับในระบบคอมพิวเตอร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบปรนัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับในระบบคอมพิวเตอร์ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่มักจะใช้รูปแบบข้อสอบเป็นข้อสอบเลือกตอบ แบบหลายตัวเลือกตั้งแต่ 4-6 ตัวเลือก โดยอาจเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวกับโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Attali, & Powers, D., 2008) รวมถึงเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์และความเข้าใจทางภาษา (Lipko-Speeda, 2014; Delgado, 2003; Attali, 2015; Culpepper, 2014; Kleij, 2012; Sinhaa, 2015; Golke, 2015)

- แบบสอบอัตนัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับในระบบคอมพิวเตอร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบอัตนัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับในระบบคอมพิวเตอร์ พบว่า รูปแบบข้อสอบที่ใช้ส่วนใหญ่มักจะเป็นการเติมคำตอบสั้น (Short Answer) ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิชาชีววิทยา วิชาจิตวิทยา (Attali, 2011; Attali, & Powers, D., 2008) โดยการศึกษาการไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ (No Feedback) และให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ในแบบสอบโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเติมคำตอบสั้น จำนวน 27 ข้อ ในนักเรียนจำนวน 419 คน ที่มีผลต่อระดับ ระดับความวิตกกังวลของผู้สอบ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความเที่ยงของแบบสอบ และคะแนนสอบพบว่าค่าพารามิเตอร์ ที่ได้จากข้อสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับมีค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากที่สูงกว่าแบบข้อสอบที่ไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Attali, 2011) แต่จากงานศึกษางานวิจัยที่ใช้แบบสอบอัตนัยที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับในระบบคอมพิวเตอร์พบว่ามีข้อเสีย คือ การพิมพ์คำตอบไปในรูปแบบของเครื่องหมายหรือ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เป็นอุปสรรคในการตอบ ไม่สะดวกเหมือนการเขียนตอบ ทั้งนี้ควรมีคำสั่ง ตัวอย่างชี้แจงรูปแบบการพิมพ์ตอบให้ชัดเจน (อนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม, 2555)

เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบของข้อสอบระหว่างข้อสอบแบบปรนัยเลือกตอบหลายตัวเลือกกับข้อสอบอัตนัยที่เติมคำตอบสั้นพบว่า นักเรียนจะมีค่าเฉลี่ยคะแนนที่สูงกรณีที่นักเรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับโดยเปิดโอกาสให้ตอบจนกว่าจะถูกในข้อสอบอัตนัยที่เติมคำตอบสั้น ซึ่งสูงกว่าในแบบปรนัยเลือกตอบหลายตัวเลือกที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับรูปแบบเดียวกัน (Attali, 2015)

แบบทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับในระบบคอมพิวเตอร์นั้นยังจำแนกได้อีกเป็น 2 แบบ เมื่อพิจารณาตามการให้ข้อมูลย้อนกลับตามลักษณะของผู้เรียน คือ 1) การให้ข้อมูลย้อนกลับ

แบบทั่วไปหรือแบบดั้งเดิม 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบปรับเหมาะกับความสามารถของผู้เรียน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปหรือแบบดั้งเดิม

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปหรือแบบดั้งเดิม คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับในการประเมินโดยระบบคอมพิวเตอร์แก่ผู้เรียน โดยรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับนั้นถูกกำหนดมาตั้งแต่แรกว่าจะเป็นข้อมูลย้อนกลับแบบใด แต่มิได้นำความสามารถของผู้เรียนมาเป็นตัวกำหนดในการให้ข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งจากการศึกษาและสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลย้อนกลับในระบบคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่นิยมใช้รูปแบบนี้ ซึ่งเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปหรือแบบดั้งเดิม เนื่องจากสามารถออกแบบและใช้งานได้ง่าย แต่หากพิจารณาปัจจัยด้านความสามารถของผู้เรียน จะพบว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบดั้งเดิมอาจมีข้อจำกัด เนื่องจากผู้เรียนที่มีความสามารถต่างกันก็อาจจะได้ประโยชน์และเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้นจากรูปแบบของข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีการคิดค้นและพัฒนาการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ปรับเหมาะสมตามความสามารถของผู้เรียน ดังรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

2) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบปรับเหมาะความสามารถของผู้เรียน

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบปรับเหมาะความสามารถของผู้เรียน (Adaptive Feedback Framework; AFF) ถูกเสนอขึ้นมาสำหรับการเตรียมการให้ข้อมูลย้อนกลับให้แก่ผู้เรียนรายบุคคลและความต้องการจำเป็นในบริบทของการเรียนรู้ในระบบคอมพิวเตอร์ Gouli และคณะ (2008) องค์กรประกอบในการให้ข้อมูลที่หลากหลาย การทบทวนและการให้ข้อมูลย้อนกลับถูกนำมารวมอยู่ในแนวคิดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) กระตุ้นให้ผู้เรียนสะท้อนความเชื่อของเขาออกมา 2) ให้คำแนะนำและทบทวนซึ่งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาที่คาดหวัง 3) สะท้อนให้ผู้เรียนทราบระดับความสามารถของตนเอง การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบปรับเหมาะความสามารถของผู้เรียนที่นำเสนอนี้ได้ใช้การจัดกลุ่มรูปแบบคำตอบของผู้เรียน

Dee Cecco (1968) ได้แบ่งประเภทของการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

1. แบ่งตามเวลาที่ให้ข้อมูลย้อนกลับ ประกอบด้วย
 - 1.1 การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันที
 - 1.2 การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบล่าช้า
2. แบ่งตามวิธีการที่ให้ข้อมูลย้อนกลับ ประกอบด้วย
 - 2.1 การให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นคำพูด
 - 2.2 การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นภาพ
 - 2.3 การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นเสียงในเทปบันทึกเสียง

2.4 การให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นคำเฉลย

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันที (Immediate Informative Feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ให้ผู้เรียนรู้ผลจากการกระทำทันทีว่าการกระทำนั้นถูกหรือผิด เพราะเมื่อมีการให้สิ่งเร้าหรือตัวเสริมแรงที่ให้ออกในเวลาใกล้เคียงกับการตอบสนองก็จะทำให้การเสริมแรงนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

Beeson (1973) ได้เสนอว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีจะส่งผลให้การเรียนรู้ของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากกว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบล่าช้า

การให้ข้อมูลย้อนกลับสามารถกระทำได้หลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการให้ข้อมูลย้อนกลับในครั้งนั้น การเลือกรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่เหมาะสมจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลที่จำเป็นต่อการพัฒนาตนเองและส่งเสริมความมั่นใจในตนเองให้ผู้เรียนอีกทางหนึ่งด้วย

Jannafin and Hooper (1993, อ้างอิงใน พรศรี ลิทธิกุลสมบุรณ์, 2539) แบ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

1. ข้อมูลย้อนกลับแบบให้การยืนยัน (Confirmation feedback หรือ knowledge of results feedback) หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้ผู้เรียนรู้ผลการกระทำของตนเองว่าถูกหรือผิด
2. ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้อง (corrective feedback หรือ knowledge of correct result feedback) หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับที่บอกให้ผู้เรียนรู้ผลการกระทำของตนเองว่าถูกหรือผิด และบอกแนวทางที่ถูกต้องให้กับผู้เรียน
3. ข้อมูลย้อนกลับแบบให้คำอธิบาย (explanatory feedback) หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ให้ข้อมูล และคำอธิบายเกี่ยวกับการกระทำของผู้เรียนว่าถูกหรือผิด พร้อมทั้งชี้แจงอธิบายเหตุผลถึงคำตอบที่เหมาะสมและบอกแนวทางที่ถูกต้องให้กับผู้เรียน
4. ข้อมูลย้อนกลับแบบให้การวิเคราะห์ (diagnostic feedback) หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ชี้แจงข้อมูล และคำอธิบายเกี่ยวกับการกระทำ หรือคำตอบที่ไม่ถูกต้องของผู้เรียน เปรียบเทียบให้เห็นข้อที่ผิดและแนะแนวทางที่ถูกต้องให้กับผู้เรียน

สอดคล้องกับที่นักการศึกษาหลายท่าน (Cater, 1984; Cohen, 1985; สุกัญญา นิมานันท์, 2533) ได้สรุปประเภทและรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับในบทเรียน โดยพิจารณาตามลักษณะสาระเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับที่แสดงให้ผู้เรียนทราบหลังจากการตอบคำถามในบทเรียนแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ข้อมูลย้อนกลับแบบจูงใจหรือเสริมแรง (motivational feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในรูปของการชมเชย หรือการให้รางวัล เพื่อเสริมแรงให้ผู้เรียนเกิดความคงทนในการจำและสร้างกำลังใจในการเรียนลำดับต่อไป การให้ข้อมูลย้อนกลับในลักษณะนี้ไม่มีการลงโทษต่อคำตอบที่ผิด

2. ข้อมูลย้อนกลับแบบเสนอข้อมูล (information feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในรูปข้อความที่ให้ภายหลังการตอบสนองของผู้เรียนต่อบทเรียนเป็นสารสนเทศที่ให้แก่ผู้เรียนภายหลังที่ผู้เรียนได้ตอบคำถามที่อยู่ภายในบทเรียน (ภายในลำดับการสอน) ซึ่งแบบของข้อมูลย้อนกลับนี้จะให้สารสนเทศต่อไปนี้ เช่น แสดงเฉพาะข้อความถูก ไม่ถูก แสดงคำตอบที่ถูกต้องเท่านั้นแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบว่าคำตอบของผู้เรียนเพียงพอแล้วหรือยัง จุดประสงค์ของข้อมูลย้อนกลับแบบนี้ คือ ป้องกันและแก้ไขข้อผิดพลาด และขณะเดียวกันก็ช่วยลดการตอบผิดที่อาจเกิดขึ้นได้ในการเรียนข้างหน้า โดยทั่วไปการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบนี้ แบ่งตามลักษณะข้อมูลได้ดังนี้

2.1 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (knowledge of result feedback/KOR) เป็นข้อมูลย้อนกลับแบบเฉลยคำตอบ (correct/incorrect message) ที่จะบอกผู้เรียนว่าคำตอบของผู้เรียนถูกหรือผิด การวิจัยพบว่า KOR ดีกว่าการไม่มีข้อมูลย้อนกลับ (no feedback) ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะผู้เรียนได้รู้ว่า “เขาตอบถูกหรือผิด”

2.2 ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกข้อถูก (knowledge of correct result feedback/KCR) ให้ข้อมูลแก่ผู้เรียนเกี่ยวกับคำตอบถูกที่ผู้เรียนเพิ่งจะตอบไป เป็นข้อมูลย้อนกลับแบบยืนยันคำตอบถูก (confirmatory feedback) ที่ให้ภายหลังการตอบถูก จากการวิจัยพบว่าข้อมูลย้อนกลับแบบบอกข้อถูกดีกว่า ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำดีกว่าการไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Gliman, 1969; Noonan, 1984) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกข้อถูกภายหลังการตอบผิด เพราะผู้เรียนรู้จะว่าตอบผิดหรือถูกหากตอบผิดก็ยิ่งทราบคำตอบที่ถูกคืออะไร ผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบผสมคือ รวมทั้งแบบ KOR และ KCR และมีคำอธิบายชี้แจงเป็นกลุ่มที่มีประสิทธิภาพทางด้านความคงทนในการจำ (retention) ที่ดี (Gliman, 1969)

2.3 ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายละเอียด (elaborated feedback) เป็นที่ข้อมูลบอกผลการตอบคำถามของผู้เรียนว่ามีความถูกต้องหรือไม่ บอกขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างละเอียดและหลากหลายวิธี เพื่อให้ผู้เรียนใช้ในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ความเข้าใจผิดเพิ่มเติมความรู้ให้ผู้เรียนประกอบการตัดสินใจของผู้เรียน มีการอธิบายรายละเอียดของคำตอบข้อมูลย้อนกลับประเภทนี้จะเป็นการให้ข้อมูลที่อธิบายว่าทำไมคำตอบที่ถูกจึงถูก หรือทำไมคำตอบที่ผิดจึงผิด นั่นคือ จะทำให้ผู้เรียนทราบว่า เขาตอบถูกหรือผิด คำตอบที่ถูกคืออะไร ถ้าเขาตอบผิด

ทำไมเขาจึงตอบผิด ทำไมคำตอบที่ถูกจึงถูก และทำอย่างไรจะค้นหาได้ว่าทำไมเขาจึงตอบถูกหรือตอบผิด การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายละเอียดมีรูปแบบที่ซับซ้อน (complex forms) ซึ่งอาจจะใช้การอธิบาย (explain) การชี้แนะ (direct) หรือการกำกับติดตาม (monitor) ซึ่งอาจจะใช้ร่วมกับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ (knowledge of result feedback/KOR) เป็นข้อมูลย้อนกลับแบบเฉลยคำตอบ (correct/incorrect message) ที่จะบอกผู้เรียนว่าคำตอบของผู้เรียนถูกหรือผิด หรือข้อมูลย้อนกลับแบบบอกข้อถูก (knowledge of correct result feedback/KCR) เป็นข้อมูลย้อนกลับแบบยืนยันคำตอบถูก แต่ผู้เรียนจะไม่ทราบถึงหลักการทางคณิตศาสตร์ที่มาของการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอน ทำให้ผู้เรียนขาดการคิดวิเคราะห์ถึงหลักการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

2.4 ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะ (directive feedback) เป็นข้อมูลย้อนกลับที่ชี้แนะ (cue) หรือกระตุ้น (prompt) ที่มีการแนะนำวิธีการแก้ปัญหาให้ผู้เรียนบอกผลการตอบคำถามของผู้เรียนว่ามีความถูกต้องหรือไม่ การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเป็นกลวิธีที่จะนำไปสู่การตอบถูก โดยการให้ข้อแนะนำในการแก้ปัญหา หรือนำผู้เรียนไปสู่ความเข้าใจสารสนเทศที่ผู้เรียนไม่เข้าใจ เช่น การให้ผู้เรียนทบทวน (review) กรอบเนื้อหาในบทเรียน เสนอแนวทาง หลักการ ข้อมูลที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา การใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด พร้อมยกตัวอย่างการแก้ปัญหาที่ใกล้เคียงกับปัญหาที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ในขณะนั้น แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาพร้อมเสนอแนะตัวเลือกเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา เพื่อเพิ่มและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนที่มีต่อข้อมูลย้อนกลับ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความช่างสังเกตวิธีการ ขั้นตอนการแก้ปัญหา หลักการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาปรับใช้ให้ผู้เรียนใช้ประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหา หลักการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาปรับใช้ให้ผู้เรียนใช้ประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหา ข้อมูลย้อนกลับประเภทนี้ จึงขาดการอธิบายรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหา โดยผู้เรียนเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาจากตัวอย่างที่เพิ่มเติมมา จากนั้นจะมีการทวนโจทย์ข้อคำถามเดิมอีกครั้งโดยใช้คำถามกระตุ้นพร้อมเสนอตัวเลือกในการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนคิดทบทวนไตร่ตรอง ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ความเข้าใจผิดของตนเองประกอบการตัดสินใจของผู้เรียน ดังนั้นข้อมูลย้อนกลับจะทำให้ผู้เรียนทราบว่า วิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องเป็นอย่างไร ผู้เรียนต้องฝึกการสังเกตจากตัวอย่างเพื่อนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่

2.5 การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการแบ่งรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับนั้นมีการแบ่งไว้หลายลักษณะด้วยกัน โดยจะเห็นได้ว่าในแต่ละรูปแบบนั้นก็จะมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกันออกไปและได้มีการนำข้อดีของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแต่ละรูปแบบมาพัฒนาเป็นรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยมีการผสมผสานระหว่างการให้ข้อมูลย้อนกลับแต่ละรูปแบบ โดยพิจารณาการผสมผสานรูปแบบจากความสอดคล้องกันของวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่า มีการศึกษาเปรียบเทียบการให้ข้อมูลย้อนกลับในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีการแบ่งกลุ่มตามผลของข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อแรงจูงใจ ระยะเวลาการให้ข้อมูลย้อนกลับ จำนวนครั้งหรือความถี่ในการให้ข้อมูลย้อนกลับ ระดับของรายละเอียดในการให้ข้อมูลย้อนกลับ หรือแหล่งที่มาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยมีการเปรียบเทียบผลจากการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยไม่มีการผสมผสานกันระหว่างรูปแบบ

อนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม (2555) ได้มีการผสมรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างรูปแบบอธิบายรายละเอียดและแบบชี้แนะ ซึ่งผลจากการศึกษาวิจัยพบว่า รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสมในลักษณะดังกล่าวเหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถคณิตศาสตร์ในระดับปานกลางและต่ำ

กล่าวโดยสรุป ข้อมูลย้อนกลับสามารถแบ่งได้เป็น 4 รูปแบบ ตามความละเอียดของข้อมูลที่ให้แก่ผู้เรียน ได้แก่ ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลของการกระทำหรือแบบให้การยืนยัน เป็นข้อมูลที่ทำให้ผู้เรียนทราบว่าสิ่งที่ตอบหรือกระทำลงไปในนั้นถูกต้องหรือไม่ ถ้าผู้เรียนได้ทราบทั้งความถูกต้องของสิ่งที่ตนเองตอบและทราบแนวทางที่ถูกต้องในการแก้ปัญหาจะเป็นข้อมูลย้อนกลับแบบบอกความถูกต้องหรือแบบบอกข้อถูก รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับต่อมาจะเป็นการให้คำอธิบายเพิ่มเติมว่าสิ่งที่ผู้เรียนตอบหรือกระทำนั้นถูกต้องหรือไม่ พร้อมทั้งมีเหตุผลสนับสนุนคำตอบด้วยส่วนข้อมูลย้อนกลับแบบสุดท้าย คือ ข้อมูลย้อนกลับแบบให้การวิเคราะห์หรือแบบชี้แนะ ซึ่งให้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์ พร้อมแนวทางการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง อีกทั้งให้ผู้เรียนเปรียบเทียบข้อผิดพลาดกับวิธีที่ถูกต้องด้วยตนเอง อย่างไรก็ตามการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนที่ดี ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น ช่วงเวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ ความตรงประเด็นของข้อมูลย้อนกลับ ความพึงพอใจในการรับข้อมูลย้อนกลับ เป็นต้น

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลย้อนกลับแบบเสนอข้อมูล (information feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในรูปข้อความที่ให้ภายหลังการตอบสนองของผู้เรียนต่อบทเรียนเป็นสารสนเทศที่ให้แก่ผู้เรียนภายหลังที่ผู้เรียนได้ตอบคำถามที่อยู่ภายในบทเรียน (ภายในลำดับการสอน) ซึ่งแบบของข้อมูลย้อนกลับนี้จะให้สารสนเทศต่อไปนี้ เช่น แสดงเฉพาะข้อความถูกไม่ถูก แสดงคำตอบที่ถูกต้องเท่านั้นแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบว่าคำตอบของผู้เรียนเพียงพอแล้วหรือยัง จุดประสงค์ของข้อมูลย้อนกลับแบบนี้ คือ ป้องกันและแก้ไขข้อผิดพลาด และขณะเดียวกันก็ช่วยลดการตอบผิดที่อาจเกิดขึ้นได้ในการเรียนข้างหน้า โดยทั่วไปการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบนี้

แบ่งตามลักษณะข้อมูลได้ดังนี้ ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกข้อถูก ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายละเอียด ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะ และการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำข้อดีของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเสนอข้อมูล ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับที่หลากหลายและตรงกับการให้ข้อมูลย้อนกลับของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยในงานวิจัยครั้งนี้ การให้ข้อมูลย้อนกลับในการทำแบบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ เป็นดังนี้คือ

การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเสนอข้อมูล (Information Feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในรูปข้อความ ที่ให้ภายหลังการตอบสนองของผู้เรียนต่อแบบทดสอบเป็นสารสนเทศที่ให้แก่ผู้เรียนภายหลังที่ผู้เรียนตอบคำถามที่อยู่ในแบบทดสอบ ซึ่งแบบของข้อมูลย้อนกลับนี้จะให้สารสนเทศต่อไปนี้ เช่น แสดงผลคะแนน แสดงผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนและแปลผลระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนเพื่อการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

5. หลักการของการให้ข้อมูลย้อนกลับ

การให้ข้อมูลย้อนกลับนอกจากจะต้องคำนึงถึงรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่จะให้แก่ผู้เรียนแล้วควรพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพของการให้ข้อมูลย้อนกลับด้วย

Quinton and Smallborne (2010) กล่าวว่า ข้อมูลย้อนกลับที่มีประสิทธิภาพต้องมีลักษณะ ดังนี้ ตรงประเด็น (accurate) ทันท่วงที (timely) ครอบคลุม (comprehensive) และเหมาะสม (appropriate)

สอดคล้องกับนักการศึกษาอีกหลายท่านที่กล่าวเกี่ยวกับหลักการให้ข้อมูลย้อนกลับไว้ดังนี้

Clifford (1981) ได้กล่าวเกี่ยวกับหลักการให้ข้อมูลย้อนกลับไว้ดังนี้

1. ข้อมูลย้อนกลับเป็นสิ่งที่จูงใจให้ผู้เรียนมีความต้องการในการเรียนรู้
 2. ข้อมูลย้อนกลับเป็นสิ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนปรับปรุงการกระทำของตนเองให้ดีขึ้น
 3. การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเฉพาะเจาะจง ช่วยทำให้ผู้เรียนปรับปรุงตนเองได้ดีกว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบให้รายละเอียด โดยเฉพาะในช่วงแรกของการเรียนรู้ในสิ่งที่มีความซับซ้อน
 4. ควรให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างตรงเวลา
 5. การลดการให้ข้อมูลย้อนกลับส่งผลให้ผู้เรียนปฏิเสธการเรียนรู้ เมื่อไม่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับผู้เรียนจะหาวิธีการอื่น ๆ มาทดแทน เช่น การดูผลงานของเพื่อนแล้วตัดสินใจด้วยตนเอง
- หากกล่าวถึงหลักการให้ข้อมูลย้อนกลับในแง่ของการใช้โปรแกรม เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านโปรแกรมแล้วเขาก็ควรจะได้รับผลจากการตอบคำถามของเขาในทันที หากผู้เรียนตอบถูก

ก็จะได้รับการยืนยันจากโปรแกรมว่าคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่ถูกต้อง และหากผู้เรียนตอบผิด โปรแกรมจะแจ้งคำตอบที่ถูกต้องให้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเพิ่มโอกาสในการตอบถูกเนื่องจากผู้เรียนมีความเข้าใจมากขึ้น

Gagne (1981, อ้างอิงใน อารี พันธุ์มณี, 2534) กล่าวว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับจะทำให้ผู้เรียนเกิดกำลังใจหรือปรับตนเองได้ดีขึ้น หากทำให้ผู้เรียนได้ทราบผลการเรียนรู้เร็วเท่าใด จะทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีผลดีมากยิ่งเท่านั้น

Chauhan (2008) กล่าวถึงหลักการของข้อมูลย้อนกลับว่า หลักการอย่างหนึ่งของโปรแกรม คือ เมื่อผู้เรียนเรียนจากโปรแกรมแล้วหลังจากตอบคำถามในกรอบแล้วเขาก็ควรจะได้รับรู้ผลของการตอบของเขาได้ทันที เพื่อที่ผู้เรียนจะได้เปรียบเทียบสิ่งที่เขาตอบกับคำตอบที่ถูกต้องของโปรแกรม ถ้าผู้เรียนตอบถูกคำตอบของเขาก็จะได้รับการยืนยันว่าถูก และถ้าคำตอบผิดโปรแกรมจะบอกคำตอบที่ถูกต้องให้ สิ่งเหล่านี้จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจและมีโอกาสจะตอบถูกได้ เมื่อมีการถามทำนองเดียวกันในครั้งต่อไป ในความเป็นจริงการเรียนที่ผู้เรียนประสบผลสำเร็จและทำกิจกรรมด้วยความพอใจจะทำให้ผู้เรียนมีความคงทนในการจำดีกว่าผู้เรียนที่ตอบผิดและทำกิจกรรมอย่างไม่เต็มใจ

สุกรี รอดโพธิ์ทอง (2538) สรุปการให้ข้อมูลย้อนกลับไว้ในเทคนิคการออกแบบบทเรียนแบบ tutorial ซึ่งดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นของกาเย่ (Gagne') ไว้ว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับ (provided feedback) นั้นกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนมากขึ้น ถ้าบทเรียนนั้นท้าทายผู้เรียนโดยบอกจุดหมายให้ชัดเจนและให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback) เพื่อบอกว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายเท่าใด

สุกรี รอดโพธิ์ทอง (2544) เสนอหลักการให้ข้อมูลย้อนกลับซึ่งควรปฏิบัติ ดังนี้

1. ให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีที่ผู้เรียนตอบสนอง
2. บอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือผิด พร้อมบอกเหตุผลถูกหรือผิดเพราะอะไร
3. แสดงคำถาม คำตอบ และข้อมูลย้อนกลับพร้อมกัน
4. การใช้เสียงสูงเหมาะสำหรับคำตอบที่ถูกต้อง และการใช้เสียงเสียงต่ำหรือไม่ใช้เสียงสำหรับคำตอบที่ผิด
5. ในช่วงเวลาการเรียนรู้ ควรเฉลยคำตอบที่ถูกต้องหลังจากผู้เรียนทำผิด 1-2 ครั้ง
6. การให้คะแนนหรือภาพเพื่อบอกความใกล้หรือไกลจากเป้าหมาย

Irons (2008, อ้างอิงถึงใน ดาวเรือง ลุมทอง, 2553) กล่าวถึงหลักการในการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้

1. เป้าหมายการประเมินชัดเจน ผู้เรียนเข้าใจตรงกัน

2. ข้อมูลย้อนกลับสามารถวัดสถานการณ์เรียนรู้ของผู้เรียนได้
3. ข้อมูลย้อนกลับควรเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้สถานการณ์เรียนรู้ของผู้เรียนมุ่งไปสู่เป้าหมายการประเมิน
4. ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนควรมีคุณภาพและประสิทธิภาพในการแนะนำให้ผู้เรียน

Irons (2008, อ้างอิงถึงใน ดาวเรือง ลุมทอง, 2553) ยังได้รวบรวมการปฏิบัติเกี่ยวกับข้อมูลย้อนกลับ (Feedback Practice) ที่ไม่มีประสิทธิภาพไว้ ซึ่งครูผู้สอนควรหลีกเลี่ยงมิให้เกิดขึ้น ดังนี้

การไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ นอกจากจะไม่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้เพิ่มเติมในตัวผู้เรียนแล้วยังทำให้ผู้เรียนไม่แน่ใจถึงสิ่งที่ตนได้เรียนรู้ไปอีกด้วยว่าถูกต้องหรือไม่ อย่างไร ซึ่งทั้งหมดนี้จะส่งผลต่อแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนไม่ร่วมมือกับการประเมินในภายภาคหน้าได้อีกด้วย

1. การให้ข้อมูลย้อนกลับล่าช้า ซึ่งมีผลเท่ากับการไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับเลย การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยทันทีส่งผลต่อการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ครูผู้สอนควรจัดสมดุลระหว่างภาระงานและการให้ข้อมูลย้อนกลับ หรือใช้การประเมินจากกลุ่มผู้เรียนด้วยกัน (Peer Assessment) เพื่อลดปัญหาภาระงานลง
2. การให้คะแนนในรูปแบบตัวเลขเพียงอย่างเดียว ทำให้ผู้เรียนลดความสนใจต่อการประเมินและหมดความพยายามที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และส่งผลด้านลบต่อผู้เรียนที่มีความสามารถต่ำ Irons เสนอให้ใช้วิธีดังนี้ คือ ไม่ให้คะแนนในรูปแบบตัวเลขเลย หรือให้คะแนนหลังจากที่ให้ข้อมูลย้อนกลับไปแล้ว
3. การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ขัดแย้งกัน ซึ่งอาจแสดงในรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่ขัดแย้งกับคะแนนของผลงานนั้น นอกจากจะทำให้ผู้เรียนสับสนแล้ว ยังไม่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้เพื่อไปสู่เป้าหมายของการประเมินอีกด้วย
4. การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในบทเรียนที่มีผู้สอนหลายคน หรือการที่ผู้สอนจำนวนมาก ตรวจสอบผลงานเดียวกันของผู้เรียนหลาย ๆ คน ทำให้เกิดความเหลื่อมล้ำในการให้ข้อมูลย้อนกลับ
5. การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ไม่เกิดประโยชน์ ซึ่งมีลักษณะคือ วิพากษ์วิจารณ์เกินควร ไม่มีจุดเน้นเฉพาะ ไม่ระบุสิ่งที่ต้องการให้เกิดการเรียนรู้ หรือระบุถ้อยคำที่ผู้เรียนไม่อาจเข้าใจได้ เช่น “สับสน” โดยรวมดีแล้ว “เหมาะสม” เป็นต้น นอกจากนี้การใช้ข้อความ คำพูดหรือแสดงการเสียสละสามารถลดแรงจูงใจในการพัฒนาตนเองได้ ส่วนการมุ่งเน้นประเด็นพื้นฐานโดยละเอียดประเด็น

ที่สำคัญกว่า ก็ส่งผลทางลบต่อการเรียนรู้เช่นกัน เช่นการเน้นการสะกดคำในงานเขียน โดยไม่พิจารณาถึงผลการเรียนรู้ที่ซับซ้อนมากกว่านั้น เช่น การคิดวิเคราะห์

Alessi and Trollip (1991) เสนอหลักการให้ข้อมูลย้อนกลับซึ่งควรปฏิบัติ ดังนี้

1. ข้อมูลย้อนกลับเมื่อมีรูปแบบการตอบผิดพลาด รูปแบบที่ผิดพลาดจะเป็นการผิดพลาดที่เกิดจากรูปแบบการตอบมากกว่าเกิดจากเนื้อหา เช่น มีการใช้ตัวอักษรแทนที่จะใช้ตัวเลขข้อมูลย้อนกลับก็จะเตือนให้ผู้เรียนได้ทราบถึงรูปแบบที่ถูกต้องและให้ตอบอีกครั้ง เช่น ข้อมูลย้อนกลับจะบอกว่าโปรดใช้ตัวเลขเท่านั้นโปรดกดแป้นเพื่อตอบอีกครั้ง มากกว่าที่จะตอบว่า “คุณตอบผิด โปรดลองตอบใหม่”

2. ข้อมูลย้อนกลับเมื่อตอบถูก เมื่อผู้เรียนตอบถูกการตอบสนองของเครื่องบางครั้งโดยปกติก็จะให้เพียงคำสั้น ๆ เช่น ดี หรือ ถูกต้องแล้ว ผู้สอนควรจะใช้การเลือกสุ่มให้แตกต่างกันเพื่อความหลากหลาย สำหรับเด็กจะให้ตอบสนองเป็นอย่างดี ซึ่งอาจจะให้กำลังใจโดยคำว่า “คุณทำได้เยี่ยมมาก” อย่างไรก็ตามการเสริมแรงควรจะมีหลากหลายและไม่ควรใช้เวลาามาก โดยเฉพาะเมื่อมีการเสริมแรงบ่อย ๆ

3. ข้อมูลย้อนกลับเมื่อมีการตอบสนองที่เป็นกลาง ๆ การตอบสนองที่ไม่ถูกและไม่ผิด เช่น เมื่อผู้เรียนป้อนชื่อ ข้อมูลย้อนกลับก็จะบอกว่าขอบคุณ โปรดกดแป้นเพื่อเรียนต่อไป ก็จะเหมาะสมสำหรับกรณีนี้

4. ข้อมูลย้อนกลับเมื่อเนื้อหาผิดพลาด ถ้าตอบสนองต่อกิจกรรมผิดหรือถูกเพียงบางส่วนข้อมูลย้อนกลับก็จะบอกให้ทราบถึงความผิดพลาดนั้น ๆ ซึ่งจะมีผลอย่างมากต่อการประสบผลสำเร็จในการสอน

5. ข้อมูลย้อนกลับทางบวกและการตรวจให้ถูกต้อง ข้อมูลย้อนกลับควรจะเป็นทางบวก ควรจะหลีกเลี่ยงทางลบ เช่น ไม่ควรใช้คำตลกหรือคำเย้ยหยันกับผู้เรียน ผู้เรียนบางคนอาจจะชอบตลกแต่ไม่ใช่ทุกคนที่ชอบ ผู้เรียนที่เรียนช้า จะมีความมั่นใจต่ำและมีเจตคติต่ำ จะไม่เป็นผลดีจะทำให้เขาท้อแท้ ข้อมูลย้อนกลับที่ดีควรจะให้เพื่อช่วยในการสื่อสารให้ผู้เรียนได้ทราบผลการกระทำของตนโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างง่าย ๆ เช่น หลังจากที่ผู้เรียนตอบผิดก็บอกว่า “ไม่ถูก”

กล่าวโดยสรุปหลักการให้ข้อมูลย้อนกลับควรให้อย่างทันที หลังจากผู้เรียนตอบสนอง หากทำให้ผู้เรียนได้ทราบผลการเรียนรู้เร็วเท่าใด จะทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีผลดีมากขึ้นเท่านั้น ข้อมูลย้อนกลับต้องมีความตรงประเด็น ครอบคลุม เนื้อหาและภาษาที่ใช้มีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน มีคำอธิบายพร้อมชี้แจงเหตุผลว่าคำตอบนี้ถูกหรือผิดเพราะเหตุใด ข้อมูลย้อนกลับควรส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกำลังใจหรือปรับปรุงพัฒนาตนเองให้ดีขึ้น

7. ข้อดีของการให้ข้อมูลย้อนกลับ

เมื่อพิจารณาในแง่จิตวิทยา พบว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับมีข้อดีดังนี้

7.1 การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นการเสริมแรงบวก (Positive Reinforcement) ซึ่งการที่ได้รับรู้ผลจากการกระทำของตนเองช่วยให้ทราบถึงสิ่งที่ตนเองได้ปฏิบัติลงไปในนั้นอยู่ห่างจากเป้าหมายมากน้อยเพียงใด ทำให้เกิดแรงและความพยายามที่จะปรับปรุงพฤติกรรมของตนเองให้ใกล้เคียงเป้าหมายที่ได้ตั้งเอาไว้มากขึ้น (สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต, 2549)

7.2 การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นสิ่งที่เป็แรงจูงใจ (Motivation) ให้กับผู้เรียน โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทราบถึงความสำเร็จของตนเองไม่ว่าจะด้วยคำพูด ท่าทาง ซึ่งจะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการกระทำหรือแสดงพฤติกรรมตอบโต้ เพื่อให้ได้มาซึ่งความสำเร็จในการปฏิบัติกิจกรรมนั้นต่อไป (สุโท เจริญสุข, 2515)

7.3 การให้ข้อมูลย้อนกลับช่วยในเรื่องของการกำหนดพฤติกรรม เนื่องด้วยข้อมูลย้อนกลับเป็นสิ่งที่มีความประโยชน์ต่อการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนสามารถปรับปรุงพฤติกรรมของตนเองไปสู่แนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องหรือมีความใกล้เคียงได้ (คณิต เขียววิชัย, 2525) การให้ข้อมูลย้อนกลับช่วยลดความเครียด เนื่องจากว่าผู้เรียนได้ทราบว่าการปฏิบัติของตนถูกต้องหรือไม่ อย่างไร และควรมีแนวทางในการดำเนินการแก้ไขอย่างไร (อุบลศรี อุบลสวัสดิ์, 2526)

8. ข้อจำกัดของการให้ข้อมูลย้อนกลับ

สำหรับการให้ข้อมูลย้อนกลับบนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีข้อจำกัดดังนี้

8.1 ถึงแม้ว่าขณะนี้ราคาเครื่องคอมพิวเตอร์และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์จะลดลงมากแล้วก็ตาม แต่การที่จะนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในวงการศึกษาในบางสถานทีนั้นจำเป็นต้องมีการพิจารณากันอย่างรอบคอบ เพื่อให้คุ้มกับค่าใช้จ่ายตลอดจนการดูแลรักษาด้วย

8.2 การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนนั้นนับว่ายังมีน้อยเมื่อเทียบกับการออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้ในการวงการค้าอื่น ๆ ทำให้โปรแกรมบทเรียนการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีจำนวนและขอบเขตจำกัดที่จะนำมาใช้เรียนในวิชาต่าง ๆ

8.3 ในขณะนี้ยังขาดอุปกรณ์ที่ได้คุณภาพมาตรฐานระดับเดียวกัน เพื่อให้สามารถใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างระบบกัน เป็นต้นว่าซอฟต์แวร์ที่ผลิตขึ้นมาใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบของไอบีเอ็มไม่สามารถใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบของแม็กคินทอชได้

8.4 การที่จะให้ผู้สอนเป็นผู้ออกแบบโปรแกรมบทเรียนเองนั้น นับว่าเป็นงานที่ต้องอาศัยเวลาสติปัญญา และความสามารถเป็นอย่างยิ่งทำให้เป็นการเพิ่มภาระของผู้สอนให้มากยิ่งขึ้น

8.5 เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์เป็นการวางโปรแกรมบทเรียนไว้ล่วงหน้า จึงมีลำดับขั้นตอนในการสอนทุกอย่างตามที่วางไว้ ดังนั้นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงไม่สามารถช่วยในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้

9. การให้ข้อมูลย้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

หลักการสำคัญในการใช้ข้อมูลย้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ถือว่ามีความคล้ายคลึงกับการให้ข้อมูลย้อนกลับในการจัดการเรียนการสอนโดยทั่วไป ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจสถานภาพหรือผลการปฏิบัติของตน และยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดกำลังใจ และไม่ทอดทิ้งหากการปฏิบัติกิจกรรมนั้นยังไม่ประสบผลสำเร็จตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ รวมไปถึงทำให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนด้วยการให้ข้อมูลย้อนกลับที่คำนึงถึงเวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback Timing) เป็นความจำเป็นหนึ่งที่ทำให้ต้องมีการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื่องด้วยผู้เรียนจำเป็นต้องมีส่วนร่วมในการเรียนตลอดเวลาโดยได้ตอบกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งส่วนมากจะเป็นการตอบคำถามที่ปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์จากนั้นจึงมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งหากแบ่งประเภทของการให้ข้อมูลย้อนกลับตามเวลาจะสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

9.1 การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันที (Immediate Feedback) คือการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีหลังจากที่ผู้เรียนตอบคำถามในแต่ละข้อ

9.2 การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบล่าช้า หรือ การชะลอการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Delayed Feedback) ซึ่งอาจจะกำหนดเวลาในการให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นระยะ เช่น หลังจากตอบคำถามจนครบ 5 ข้อ หรือหลังจากที่จบบทเรียนนั้น ๆ เป็นต้น

ในปัจจุบันจะพบว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีลักษณะการใช้ที่แปลกใหม่เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เช่น การให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีชื่อผู้เรียนปรากฏด้วย และบางบทเรียนก็มีการให้คะแนนสะสม (Cumulative Score) เพื่อกกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและเกิดความพยายามมากขึ้น เช่น “ท่านตอบได้ถูกต้องจำนวน 5 ข้อ จากจำนวน 10 ข้อ” เป็นต้น

Gilman (1969) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะข้อมูลย้อนกลับผ่านบทเรียนคอมพิวเตอร์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัย โดยได้จัดแบ่งนักศึกษาออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับ 2) กลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกให้รู้คำตอบนั้นถูกหรือผิด (Knowledge of Result) 3) กลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง (Knowledge of Correct Result) 4) กลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายชี้แจง 5) กลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบผสม โดยรวมลักษณะของข้อมูลย้อนกลับแบบ 2 3 และ 4 เข้าด้วยกัน

ผลจากการศึกษาวิจัยนี้พบว่ากลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง มีประสิทธิภาพในการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกให้รู้ว่าคำตอบนั้นถูกหรือผิด และกลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบผสม เป็นกลุ่มที่มีประสิทธิภาพทางด้านความคงทนในการจำ (Retention) สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ

ในช่วงที่ผ่านมาจะพบว่าทำให้ข้อมูลย้อนกลับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น และการศึกษาเกี่ยวกับผลจากการใช้ข้อมูลย้อนกลับก็ได้รับความสนใจเพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อประสิทธิภาพทางการเรียนของผู้เรียน และยังมีแนวโน้มว่าจะเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจในการศึกษาวิจัยต่อไปเรื่อย ๆ โดยไม่ได้มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะหาข้อสรุปว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบใดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดแต่เป็นการศึกษาเพื่อให้ข้อเสนอแนะในการใช้ข้อมูลย้อนกลับได้อย่างเหมาะสมและช่วยส่งเสริมศักยภาพในการเรียนของผู้เรียน

E-Testing

มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย (2563) E -Testing คือ การทดสอบด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้สอบทำแบบทดสอบผ่านคอมพิวเตอร์ แทนการทำแบบทดสอบบนกระดาษคำตอบ หรือการทำแบบทดสอบด้วยวิธีการอื่น ๆ ระบบ e-Testing ทำงานด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ จึงรองรับการทดสอบหลากหลายรูปแบบ เช่น แบบเลือกตอบ แบบจับคู่ แบบเติมคำ แบบอธิบาย เป็นต้น และสามารถใช้อุปกรณ์ (Multimedia) ทั้งภาพ เสียง วิดีโอ หรือเหตุการณ์จำลองต่าง ๆ มาใช้เพื่อการทดสอบได้ และสามารถรู้ผลการทดสอบหลังจากทำข้อสอบเสร็จทันที ตัวอย่างระบบแบบ E- testing ได้แก่ www.niets.or.th/th/catalog/view/310 www.testing.in.th <http://onlinetesting.ipst.ac.th> <http://beta-e-service.ru.ac.th> www.atc.chula.ac.th/index2.html เป็นต้น ระบบ e-Testing แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ฝ่าย คือ

1) ฝ่าย Server มีอาจารย์ผู้สอนเป็นผู้ออกข้อสอบ และนำข้อสอบขึ้นไปไว้บริการใน server โดยมีเจ้าหน้าที่แผนกไอทีคอยให้การสนับสนุนด้านเทคนิคต่าง ๆ ซึ่งฝ่ายของ Server จะมีคุณสมบัติโดยสรุป ได้แก่ การรองรับแบบทดสอบหลาย รูปแบบ การสุ่มคำถาม และคำตอบจากคลังข้อสอบ สนับสนุนการใช้มัลติมีเดียเพื่อเป็นคำถามหรือคำตอบการประมวลผลในเวลาจริงการสั่งเปิดหรือปิดข้อสอบตามเวลาที่กำหนด และการให้บริการตลอด 24 ชั่วโมง

2) ฝ่าย Client ได้แก่ฝ่ายของ User หรือ Student ก็คือนักเรียน นักศึกษา ผู้ที่จะต้องเข้าทำการทดสอบในรายวิชาที่กำหนดไว้ โดยผู้ใช้ต้องสมัครเข้าระบบ หรือให้อาจารย์นำเข้าก็ได้ ระบบ e-testing นี้สามารถทำแบบทดสอบได้ถึง 9 รูปแบบ ดังนี้ (1) แบบเลือกตอบ (Multiple choice) (2) แบบถูก / ผิด (True/False) (3) แบบจับคู่ (Matching) (4) แบบเติมคำ (Short answer)

(5) แบบเชิงตัวเลข (Numerical) (6) แบบเรียงความ (Essay) (7) แบบคำนวณ (Calculated) (8) แบบลากและวางลงในข้อความลงในเครื่องหมาย ลงบนภาพ (Drag and drop) (9) แบบเลือกคำที่ขาดหายไป (Random short-answer matching) คุณลักษณะพิเศษที่ระบบสามารถทำได้ ดังนี้

- กำหนดวันที่ เวลา ในการเริ่มและสิ้นสุดการสอบล่วงหน้าได้
- ตั้งค่าเวลาเฉพาะช่วงได้ เช่น ให้ทำข้อสอบเพียง 2 ชั่วโมงได้
- กำหนดการแสดงผลจำนวนข้อสอบต่อหน้า เช่น หน้าละ 10 ข้อ หรือแสดงทั้งหมดได้
- การแสดงผลคะแนนถูก/ผิด ในขณะสอบ หลังสอบ และหลังการ ส่งข้อสอบเสร็จสิ้นได้
- สลับคำถามและสลับคำตอบของคำถามนั้น จากคลังข้อสอบได้
- ผู้สอบทำการทดสอบได้ทุกที่ ทุกเวลา ที่มีอินเทอร์เน็ต
- ใช้เครื่องมือหลากหลายได้ทั้งบน PC Notebook Tablet หรือ Smartphone
- ระบบมีความเสถียรภาพ ความมั่นคง ปลอดภัย เชื่อถือได้
- ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดสอบ เช่น ค่าถ่ายสำเนาข้อสอบและใบคำตอบ ค่าตอบแทน

ผู้คุมสอบ รวมถึงค่าน้ำ-ไฟ เป็นต้น

ขั้นตอนทั่วไปในการทำงานของระบบ เริ่มจากพัฒนาข้อสอบไปจนถึงการรายงานผลการทดสอบ สรุปได้ดังนี้ พัฒนาข้อสอบ สร้างรายวิชา นำข้อสอบเข้าสู่ระบบ กำหนดเกณฑ์การสอบ ผู้สอบทำแบบทดสอบ รายงานผลสอบ (Export)

แนวทางการจัดสอบด้วย e-Testing การสอบผ่านระบบ e-Testing ทำได้หลายแนวทาง เช่น สอบพร้อมกันในห้อง ผู้สอบเข้าห้องตามกำหนดการที่ห้องสอบทั่วไปหรือห้องคอมพิวเตอร์ เพื่อความสะดวกในการจัดสอบของเจ้าหน้าที่ ซึ่งทำให้เชื่อมั่นในความสุจริต ความพร้อมเพรียงกัน แต่จะมีข้อเสียคือสิ้นเปลืองบุคลากร งบประมาณ และค่าใช้จ่ายในการจัดการคุมการสอบ

สอบที่ไหน เวลาใดก็ได้ โดยกำหนดวัน เวลาสอบให้ทราบทั่วกัน เช่น วันที่ 1 เมษายน 2561 เวลา 06.00 ถึง 24.00 น. ผู้สอบจะใช้เครื่องอะไร อยู่ที่ไหน สอบ เวลาใดก็ได้ แต่เมื่อเริ่มสอบแล้วต้องทำให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนด เช่น ภายใน 2 ชั่วโมง หรือกำหนดเวลาข้อละ 1 นาที ก็ได้ ซึ่งอาจทำให้รู้สึกว่าจะอาจมีการทุจริตใน ลักษณะต่าง ๆ หรือผู้สอบอยู่ในที่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่มั่นคง แต่จะประหยัดงบประมาณ อุปกรณ์ และบุคลากร

สอบทั้งในห้องและที่อื่นผสมผสานทั้ง 2 แบบ คือจัดห้องสอบสำรองไว้สำหรับผู้ยูไกล้สถานศึกษา หรือไม่มีอุปกรณ์และอินเทอร์เน็ต และเปิดโอกาสให้ผู้สอบที่อยู่ไกล เดินทางไม่สะดวก หรือมีสถานการณ์ไม่ปกติ เช่น มีการประท้วง หรือโรคระบาด

ประโยชน์ของระบบ e-Testing สรุปได้ดังนี้

1. ประยุกต์ คือนำวิธีการและเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้เพื่อให้การสอบมีความสะดวกสบาย ทำได้ทุกที่ ทุกเวลา ทำได้ทั้งเครื่อง PC, Notebook, Tablet หรือ Smart phone อำนวยความสะดวกทั้งต่อผู้สอนและผู้สอบ ไม่มีข้อจำกัด
2. ประสิทธิภาพ หมายถึง ความรวดเร็ว คือได้รับผลทันที ถ้าผู้สอบมีความพร้อม ก็ไม่จำเป็นต้องรอใคร สามารถทำการสอบได้ทันที เมื่อสอบเสร็จก็จะรู้ผลสอบทันที ผู้สอนหรืออาจารย์ประเมินผลและรายงานต่อหลักสูตรหรือคณะได้ทันที
3. เป็นธรรม ระบบจะแสดงผลอย่างยุติธรรม ตรงไปตรงมา สะท้อนให้เห็นว่าผู้สอบได้เตรียมตัวมาดีเพียงใด เพราะระบบทำงานแบบ Random คือสุ่มทั้งคำถามและคำตอบจากคลังขึ้นมาสลับกันให้สอบ ผู้สอบไม่สามารถลอกคำตอบกันได้ แม้ผู้สอบจะนั่งอยู่ข้าง ๆ กัน แต่จะได้รับข้อสอบที่ไม่เหมือนกัน ถ้าไม่ได้ศึกษามาอย่างดีก็ตอบไม่ถูก
4. ปลอดภัย ระบบมีความมั่นคง ปลอดภัย เชื่อถือได้ การโกงข้อสอบทำได้ยาก ผู้ดูแลระบบจะเปิด-ปิดได้ตลอดเวลา จะมองเห็นพฤติกรรมผู้สอบทั้งหมด และตัดผู้สอบออกจากห้องได้ทันที ถ้ารู้สึกไม่ปลอดภัย ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากผู้ใช้งานกว่า เช่น เข้าระบบไม่เป็น อ่านข้อความบนจอภาพไม่สะดวก คลิกเมาส์ไม่ถนัด หรือเข้าระบบ แล้วแต่ไม่ทำการสอบภายในเวลาที่กำหนด
5. ประหยัด การสอบแต่ละครั้งโดยทั่วไป จะต้องมีการใช้จ่ายพอสมควร เช่น ค่าถ่ายเอกสารข้อสอบและใบตอบ ค่าเบี้ยเลี้ยงการคุมสอบ ค่าตรวจข้อสอบ รวมถึงค่าน้ำค่าไฟ ค่าเช่าสถานที่ ค่าอาหาร/เครื่องดื่ม ค่าพาหนะผู้นำข้อสอบ เป็นต้น ถ้าใช้ระบบ e-Testing จะช่วยให้ประหยัดงบประมาณ บุคลากร และทรัพยากรในการจัดสอบ ดังกล่าวอย่างชัดเจน อาจจะมากกว่า 50 หรือ 100 เปอร์เซ็นต์ก็ได้
6. ไปสู่สากล คำว่า สากล ในที่นี่มีสองลักษณะคือ ระบบ e-Testing ที่นำมาใช้นี้ มีมาตรฐานระดับสากล สามารถรองรับการสอบรูปแบบต่าง ๆ ได้ครบถ้วน ขึ้นอยู่กับ ข้อมูล และบุคลากรที่สามารถใช้งานครบทุกฟังก์ชันหรือไม่ อีกอย่างคือความเป็นสากลของคน หมายถึง คนที่เกี่ยวข้องกับระบบทั้งผู้สอน ผู้เรียน ผู้สอบสามารถใช้งานได้เหมือนกันใช้ได้ทั่วถึงกัน ลดความแตกต่างระหว่างหลักสูตร คณะ วิทยาลัย ที่ตั้งอยู่ในส่วนภูมิภาค หรืออยู่ต่างประเทศ
7. เป็นฐานบริการวิชาการแก่สังคม เมื่อระบบมีความมั่นคง น่าเชื่อถือ มหาวิทยาลัยสามารถนำไปใช้เป็นฐานในการให้บริการด้านวิชาการแก่ประชาชน สังคม และคณะสงฆ์ เช่น การเป็นคลังข้อสอบ หรือศูนย์สอบออนไลน์ ของการสอบนักธรรม ธรรมศึกษา หรือภาษาบาลี ทั่วประเทศ หรือทั่วโลกก็ได้ เป็นต้น

โดยการจะสร้างข้อสอบออนไลน์ หรือ E-Testing หรือแม้แต่แอปพลิเคชัน ที่จะสร้างขึ้น จะต้องมีการเขียนโปรแกรมขึ้นมา ซึ่งการเขียนโปรแกรมเท่ากับการส่งคำสั่งคอมพิวเตอร์ การเขียนโปรแกรมแท้จริงแล้วก็คือ การส่งคำสั่งให้กับคอมพิวเตอร์ทำงานให้กับเราโดยส่งคำสั่งผ่าน “ภาษาคอมพิวเตอร์” โดยคำสั่งนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบ การกำหนดเงื่อนไข และขั้นตอนที่เรากำหนดขึ้นมาเอง เช่น ภาษา PHP ที่ผู้วิจัยได้ใช้ในงานวิจัยนี้ รายละเอียดดังนี้

ภาษา PHP

PHP คือภาษาโปรแกรม (Program Language) ซึ่งไม่เหมือนกับ HTML ที่เป็นเพียงภาษาสำหรับอธิบายหน้าเอกสาร โดย PHP ที่ทำงานอยู่ในเครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์จะอ่านคำสั่งที่เขียนภาษา PHP แล้วทำงานตามคำสั่งเหล่านั้น ซึ่งอาจเป็นการเก็บค่าลงในตัวแปร การตัดสินใจเลือกทำ โดยขึ้นอยู่กับเงื่อนไขบางอย่าง การทำซ้ำ (วนลูป) หรืออาจเป็นการทำงานที่ซับซ้อน เช่น การอ่านข้อมูลจากไฟล์ เขียนข้อมูลลงไฟล์ ติดต่อกับฐานข้อมูล หรือรับ-ส่งอีเมล เป็นต้น

PHP จัดว่าเป็นภาษาโปรแกรมฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server-Side Language) เนื่องจากโค้ด PHP จะถูกประมวลผลที่ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งต่างจากภาษาหรือเทคโนโลยีอย่างเช่น JavaScript, Flash หรือ ActiveX ที่จะถูกประมวลผลโดยโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ที่ฝั่งผู้ใช้ ดังนั้นผู้จึงจึงไม่มีโอกาสเห็นโค้ด PHP เราเขียนไว้ใน PHP Page เพราะว่าโค้ดเหล่านี้จะถูกประมวลผลไปจนหมดที่ฝั่งเว็บเซิร์ฟเวอร์ แล้วให้ผลลัพธ์เป็นโค้ด JavaScript หรืออื่น ๆ ที่จะถูกส่งไปประมวลผลที่ฝั่งเว็บเซิร์ฟเวอร์ด้วย

ภาษา PHP เป็นภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมเว็บไซต์ สามารถเขียนได้หลากหลาย โปรแกรมภาษา PHP จะเป็นส่วนที่ใช้ในการคำนวณ ประมวลผล เก็บค่า และทำตามคำสั่งต่าง ๆ โดย ภาษา PHP จะทำงานโดยการส่งงานจากเว็บเพจ แต่จะไปประมวลผลที่ Web Server สำหรับเว็บเพจอย่างหนึ่งที่ตั้งอยู่ในกลุ่ม Server Side Script และจะทำงานในฝั่ง Server แล้วส่งการแสดงผลมายัง Browser ของลูกค้า

จุดเด่นของภาษา PHP

- เรียนรู้ได้ง่าย
- ใช้โครงสร้างและไวยากรณ์ภาษาง่าย ๆ
- ใช้กับการประมวลผลระบบได้
- ใช้กับข้อมูลตัวอักษรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

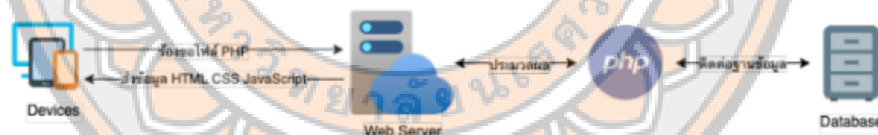
ประโยชน์ของภาษา PHP

มีความสามารถสูงสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ และสามารถที่โดดเด่น คือ ทำให้เอกสารของ HTML สามารถเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว จึงทำให้

ความต้องการในเรื่องการจัดรายการสินค้า หรือจะเป็นการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่สำคัญผ่านทางอินเทอร์เน็ตเป็นไปได้อย่างง่ายดาย

PHP (PHP Hypertext Preprocessor)

เป็นภาษาสคริปต์ (Scripting Language) ซึ่งจัดเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ ระดับสูงที่ใช้เก็บคำสั่งต่าง ๆ ในรูปของข้อความ (Text) โดยอาจ เขียนแทรกอยู่ภายในภาษา HTML หรือใช้งานอิสระก็ได้ มักใช้ งานร่วมกับภาษา HTML ดังนั้นการเขียนโปรแกรมนี้ต้องมี ความรู้ด้านภาษา HTML เป็นอย่างดี นอกจากนี้ภาษา PHP ยังสามารถใช้งานในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ มีความสามารถสูง มีผู้นิยมใช้เป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังสามารถดาวน์โหลดมาใช้ได้ฟรี และสามารถใส่โปรแกรมประยุกต์มาช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างงานได้ เช่น Macromedia Dreamweaver หรือโปรแกรมประเภท Editor เช่น Edit Plus ฯลฯ โดย โปรแกรมเหล่านี้จะช่วยจำแนกคำ เช่น คำสั่ง คำทั่วไป ตัวแปร ฯลฯ ให้มีสีต่างกันเพื่อสะดวกในการสังเกตและมีตัวเลขบอกบรรทัดทำให้สะดวกในการแก้ไขในการใช้ภาษา PHP ในการจัดทำเว็บไซต์จะมีประมวลผลออกมาในรูปแบบ HTML โดยมี รากฐานโครงสร้างคำสั่งมาจากภาษา ภาษาซี ภาษาจาวา และภาษา Perl เป้าหมายหลักของภาษา PHP คือให้นักพัฒนา เว็บไซต์สามารถเขียน Web Page ที่มีความตอบโต้ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีการทำงานดังภาพ 5



ภาพ 5 Web Page and PHP Functionality

ภาษาพีเอชพี (PHP Language)

1. ความหมายของภาษาพีเอชพี พีเอชพีเป็นเซิร์ฟเวอร์-ไซด์-สคริปต์ (Server Side Script) ที่มีการทำงานที่ฝั่งของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server) ซึ่งรูปแบบในการเขียนคำสั่งการทำงานนั้น จะมีลักษณะคล้ายกับภาษาซี และสามารถที่จะใช้ร่วมกับภาษาเอชทีเอ็มแอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้รูปแบบเว็บเพจมีความสามารถเพิ่มขึ้นในด้านการเขียนโปรแกรม ในการสร้างเว็บ จะใช้สคริปต์ (Script) อยู่ 2 แบบ ได้แก่ 1) เซิร์ฟเวอร์-ไซด์-สคริปต์ (Server Side Script)

เป็นลักษณะของภาษาที่ทำงานบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เช่น CGI, ASP 2) ไคลเอนต์-ไซด์-สคริปต์ (Client Side Script) เป็นลักษณะของภาษาที่ทำงานบนเครื่องผู้ใช้ เช่น JavaScript, VBScript

2. เหตุผลที่ภาษาพีเอชพีได้รับความนิยม

1) เนื่องจากพีเอชพีเป็นสคริปต์แบบเซิร์ฟเวอร์-ไซด์-สคริปต์ ดังนั้นจึงทำงานบนเว็บเซิร์ฟเวอร์ ทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องไคลเอนต์ (Client) โดยพีเอชพี จะอ่านโค้ดและทำงานที่เซิร์ฟเวอร์ จากนั้นจึงส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลมาที่เครื่องของผู้ใช้ในรูปแบบของเอชทีเอ็มแอล (HTML) ซึ่งโค้ดของพีเอชพีผู้ใช้จะไม่สามารถมองเห็นได้

2) พีเอชพีมีความเร็วกว่าภาษาอื่น ๆ ดังคำพูดที่ว่า “อะไรที่เกิดมาทีหลังย่อมได้เปรียบ” คำพูดนี้ดูเหมือนจะเป็นจริงเสมอ เพราะพีเอชพีนำเอาข้อดีของทั้งภาษาซี ภาษาเพิร์ล และภาษาจาวา มาผนวกเข้าด้วยกัน ทำให้ทำงานได้รวดเร็วกว่าซีจีไอ (CGI) หรือแม้แต่เอเอชพี (ASP) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อใช้กับอาปาเช่เซิร์ฟเวอร์ (Apache Server) เพราะไม่ต้องใช้โปรแกรมจากภายนอก

3) พีเอชพีเป็นโอเพนซอร์ส (Open Source) ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดและนำซอร์สโค้ด (Source code) ของพีเอชพีไปใช้ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ซึ่งการพัฒนาของโปรแกรมไม่ได้ยึดติดกับบุคคลหรือกลุ่มคนเล็ก ๆ แต่เปิดโอกาสให้โปรแกรมเมอร์ทั่วไป ได้เข้ามาช่วยกันพัฒนา ทำให้มีคนใช้งานจำนวนมาก และพัฒนาได้เร็วขึ้น

4) สามารถทำงานได้กับระบบปฏิบัติการต่างชนิดกันหรือข้ามแพลตฟอร์ม (Crossable Platform) ไม่ว่าจะเป็นวินโดวส์ (Windows) ยูนิกซ์ (Unix) ลินุกซ์ หรืออื่น ๆ โดยแทบจะไม่ต้องเปลี่ยนแปลงโค้ดคำสั่งเลย เนื่องจากพีเอชพีเป็นสคริปต์ที่ต้องทำงานบนเซิร์ฟเวอร์ ดังนั้นคอมพิวเตอร์สำหรับเรียกใช้คำสั่งพีเอชพีจึงจำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ไว้ด้วย เพื่อให้สามารถประมวลผลพีเอชพีได้

5) พีเอชพีมีความสามารถในการทำงานร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูลที่หลากหลาย ซึ่งระบบจัดการฐานข้อมูลที่สนับสนุนการทำงานของพีเอชพี เช่น Oracle MySQL และ Microsoft SQL Server เป็นต้น

6) เรียนรู้ง่ายเนื่องจากพีเอชพีถูกฝังเข้าไปในเอชทีเอ็มแอลและใช้โครงสร้างและไวยากรณ์ภาษาง่าย ๆ

7) ใช้ร่วมกับเอกซ์เอ็มแอล (XML) ได้ทันที

8) พีเอชพีอนุญาตให้ผู้ใช้สร้างเว็บไซต์ซึ่งทำงานผ่านโปรโตคอลชนิดต่าง ๆ ได้ เช่น LDAP, IMAP, SNMP, POP3 และ HTTP เป็นต้น

9) พีเอชพีสนับสนุนการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming)

3. โครงสร้างของภาษาพีเอชพี

ภาษาพีเอชพี มีลักษณะเป็นสคริปต์ที่ฝังตัว (Embedded Script) หมายความว่าเราสามารถฝังคำสั่งพีเอชพีไว้ในเว็บเพจร่วมกับคำสั่งแท็ก (Tag) ของเอชทีเอ็มแอลได้ และสร้างไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น .php .php3 หรือ .php4 ซึ่งไวยากรณ์ที่ใช้ในพีเอชพีเป็นการนำรูปแบบของภาษาต่าง ๆ มารวมกัน ได้แก่ ภาษาซี ภาษาเพิร์ล และภาษาจาวา (Java Language) ทำให้ผู้ใช้ที่มีพื้นฐานของภาษาเหล่านี้อยู่แล้ว สามารถศึกษาและใช้งานภาษานี้ได้ไม่ยาก สำหรับสคริปต์พีเอชพีจะเริ่มต้นด้วย โดยใช้คำสั่ง echo ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้ในการแสดงผลของภาษาสคริปต์ของพีเอชพี เราสามารถฝังคำสั่งพีเอชพีไว้ในเว็บเพจหนึ่ง ๆ โดยเปิดและปิดด้วยแท็กของพีเอชพี โดยไม่จำกัดจำนวนครั้งที่เรียกใช้

4. หลักการทำงานของ PHP จากไคลเอนต์จะเรียกไฟล์ php script ผ่านทางโปรแกรมบราวเซอร์ (Internet Explorer) บราวเซอร์จะส่งคำร้อง (Request) ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เมื่อเว็บเซิร์ฟเวอร์รับคำร้องขอจากบราวเซอร์แล้วก็จะนาสคริปต์ php ที่เก็บอยู่ในเซิร์ฟเวอร์มาประมวลผลด้วยโปรแกรมแปลภาษา PHP ที่เป็นอินเตอร์พรีเตอร์ กรณีที่ php script มีการเรียกใช้ข้อมูลก็จะติดต่อกับฐานข้อมูลต่าง ๆ ผ่านทาง ODBC Connection ถ้าเป็นฐานข้อมูลกลุ่ม Microsoft SQL Server, Microsoft Access, FoxPro หรือใช้ Function Connection ที่มีอยู่ใน PHP Library ในการเชื่อมต่อฐานข้อมูล เพื่อดึงข้อมูลออกมาหลังจากแปลสคริปต์ PHP เสร็จ แล้วจะได้รับไฟล์ HTML ใหม่ที่มี แต่แท็ก HTML ไปยัง Web Server ส่งไฟล์ HTML ที่ได้ผ่านการแปล แล้วกลับไปยังบราวเซอร์ที่ร้องขอผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต บราวเซอร์รับไฟล์ HTML ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ส่งมาให้แปล HTML แสดงผลออกมาทางจอภาพเป็นเว็บเพจ โดยใช้ตัวแปลภาษา HTML ที่อยู่ในบราวเซอร์ซึ่ง เป็นอินเตอร์พรีเตอร์เช่นเดียวกัน เป้าหมายหลักของภาษา PHP คือ เป็นเครื่องมือให้นักพัฒนาเว็บไซต์สามารถเขียนเว็บเพจที่ตอบโต้กับผู้ใช้ได้ โดยสามารถสอดแทรกหรือแก้ไขเนื้อหาได้โดยอัตโนมัติ

แอปพลิเคชัน

1. ความหมายของแอปพลิเคชัน แอปพลิเคชัน หมายถึง เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาช่วยให้สามารถทำสิ่งต่าง ๆ เช่น สร้างเอกสาร แก้ไขรูปภาพ และฟังเพลงได้โดยไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ที่ซับซ้อน ในปัจจุบันเว็บไซต์มีฟังก์ชันการทำงานที่มีประสิทธิภาพหลากหลายที่จะได้รับจากแอปพลิเคชันบนเดสก์ท็อปในคอมพิวเตอร์ ซึ่งเรียกรายการเหล่านี้ว่า แอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพ หรือเรียกสั้น ๆ ว่า "แอป" (Data Center Building Blocks Page, 2556)

2. ส่วนประกอบของแอปพลิเคชัน แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ Activity, Service, Content Provider และ Broadcast Receiver (จักรชัย โสอินทร์, 2554)

1. Activity คือ หน้าจอที่ติดต่อกับผู้ใช้ทั้งนี้ในแต่ละแอปพลิเคชันอาจจะมีมากกว่า 1 หน้าจอ จะทำหน้าที่เก็บสถานการณ์ใช้งานในส่วนต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ในการแสดงรายการเมนู นักพัฒนาสามารถเลือกให้รายการเมนูที่แสดงออกมามีภาพและคำบรรยายได้ภาพได้

2. Service คือ งานหรือบริการต่าง ๆ ที่ทำงานอยู่เบื้องหลัง เช่น ที่เปิดดนตรีอยู่ขณะที่ผู้ใช้งานทำงานอื่น ๆ หรือใช้แอปพลิเคชันอื่น ๆ ไปด้วย

3. Broadcast and Intent Receiver คือ การตอบสนองซึ่งโดยปกติแล้ว Broadcast Receiver จะเป็นการตอบสนองต่อการเกิดอีเวนต์ของระบบในวงกว้าง เช่น การประกาศเตือนว่าแบตเตอรี่ใกล้จะหมดแล้ว เป็นต้น นอกจากนี้ Intent Receiver เป็นส่วนทำให้แอปพลิเคชันอื่น ๆ เข้าถึงการทำงานของ Activity และ Service ซึ่งในการปฏิบัติงานแต่ละอย่างเป็นการตอบสนองการร้องขอจากข้อมูลหรือบริการของ Activity อื่น ๆ

4. Content Provider คือ ส่วนของการให้บริการข้อมูลสำหรับแต่ละแอปพลิเคชัน ทั้งนี้ข้อมูลสามารถเก็บอยู่ในรูปแบบของระบบไฟล์ หรือฐานข้อมูลก็ได้ เช่น Google สามารถเข้าใช้งานข้อมูลผู้ใช้งานได้ในแอปพลิเคชันที่ต้องการข้อมูลของผู้ใช้งาน

3. โปรแกรมเขียนแอปพลิเคชันแอนดรอยด์เบื้องต้น

1. Java Development Kit6 (JDK) ไว้สำหรับรันโปรแกรม Java
2. Eclipse IDE4.2 โปรแกรมหลักสำหรับเครื่องมือที่ไว้เขียนโค้ด
3. Android SDK สำหรับเขียน, รัน และดีบัค Android
4. Android Development Tools (ADT) ใช้สำหรับเพิ่มความสามารถในการพัฒนาแอป สร้าง User Interface ดีบัค และส่งออกไฟล์ .APK

4. ข้อดี และข้อจำกัดของแอปพลิเคชัน

ข้อดี สมรรถภาพการทำงานและประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่ผู้ดูแลการบริหารแอปพลิเคชันคำนึงอย่างมาก โดยแอปพลิเคชันมีหลากหลายนานประเภท เช่น เว็บ เมนเฟรม ระบบบริหารจัดการลูกค้าสัมพันธ์ แอปพลิเคชันทางการศึกษา และแอปพลิเคชันข้อมูลหลักสำคัญ ๆ อีกมากมาย นอกเหนือจากการรวบรวมโอนถ่ายข้อมูลเข้าไปอยู่ในเซิร์ฟเวอร์ ข้อมูลเดียวกันได้แล้ว ศูนย์ข้อมูลยังสามารถรองรับระบบสื่อสารแบบ IP Communications เช่น วิดีโอ และ call center ซึ่งต่างมีข้อกำหนดช่องสัญญาณที่แตกต่างกัน และมีความต้องการเจาะจงที่ไม่เหมือนกัน การโอนถ่ายรวบรวมข้อมูลนั้น มาพร้อมกับความท้าทายในการรองรับการเข้าไปใช้งานแอปพลิเคชันต่าง ๆ ผ่านตัวเซิร์ฟเวอร์เพียงหนึ่งเซิร์ฟเวอร์ โดยทั้งผู้ใช้งานในพื้นที่เดียวกัน

และผู้ใช้ที่อยู่ห่างไกลออกไป ดังนั้นการที่จะลดค่าใช้จ่ายแอปพลิเคชันต่าง ๆ พร้อมด้วยการเพิ่มระยะเวลา การตลาดและการขยายตัวนั้น องค์กรจึงจำเป็นต้องใช้แอปพลิเคชันที่มีโครงสร้างพื้นฐานอยู่บนเว็บ เพื่อรองรับโครงสร้างแบบ N-tier โดยในสภาพแวดล้อมที่ได้ถูกรวบรวมแล้วนั้น ในการดำเนินการ กระบวนการต่าง ๆ ควรใช้ไปกับแอปพลิเคชันนานาประเภทที่มีอยู่อย่างเต็มที่ และไม่ควรเน้นไปกับงานสื่อสารง่าย ๆ เช่น SSL หรือ การจัดเก็บข้อมูลสถิติเพียงชั่วคราว (Data Center Building Blocks Page, 2556)

1. เทคโนโลยีด้านเว็บและแอปพลิเคชันต่างๆ สามารถถ่ายเทข้อมูลได้ตั้งแต่ชั้น 4 จนถึงชั้น 7 ได้ ในระบบเครือข่ายอัจฉริยะภายในชั้นต่าง ๆ ของโครงสร้างแอปพลิเคชัน ข้อมูลสถิติจะถูกบันทึกเก็บไว้ชั่วคราวในหน่วยความจำ รวมถึง connection เพื่อดึงมาใช้ในโอกาสหน้า
2. เพิ่มสมรรถภาพการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ผ่านโซลูชัน SSL offload ของ Cisco ซึ่งจำเป็นต้องมีเพื่อได้รับการอนุมัติเมื่อถูกตรวจค้นและขณะทำการถ่ายโอนย้ายข้อมูลระหว่าง SSL-encrypted session ต่าง ๆ
3. ขยายเชิงธุรกิจโดยการเปลี่ยนแปลงแอปพลิเคชันและเซิร์ฟเวอร์อย่างง่ายดาย
4. ปกป้องสมรรถภาพการทำงานของแอปพลิเคชัน โดยใช้กลไกแบบ multicast และ Quality-of-Service (QoS) ขณะที่ข้อมูลไหลเวียนจากช่องสัญญาณเร็วของศูนย์ข้อมูลไปสู่ช่องสัญญาณเชื่อมโยงช้าของผู้ใช้
5. แอปพลิเคชันหลักจะได้รับการบริการขั้นเลิศด้วยเทคโนโลยีการบริหาร และบันทึกเก็บข้อมูลชั่วคราวที่ทันสมัยที่สุด

ข้อจำกัด

1. ค่าใช้จ่ายในการพัฒนาสูง
2. มีขอบเขตในการใช้งานจำกัด

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory)

แบบทดสอบที่มีคุณภาพจะต้องสร้างจากข้อสอบได้คุณภาพ การจัดทำคลังข้อสอบเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญคลังข้อสอบควรบรรจุด้วยข้อสอบที่มีคุณภาพ (นุภาพรณ พลัมใจ และคณะ, 2558) ข้อสอบที่นำมาบรรจุในคลังข้อสอบต้องผ่านการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบที่นำมาใช้กับคลังข้อสอบควรมีความละเอียดมากที่สุด ข้อสอบปรนัยแบบเลือกคำตอบ (Multiple choice) ควรใช้วิธีการวิเคราะห์คุณภาพที่ถูกต้อง โดยใช้โมเดลของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ เพราะสามารถ

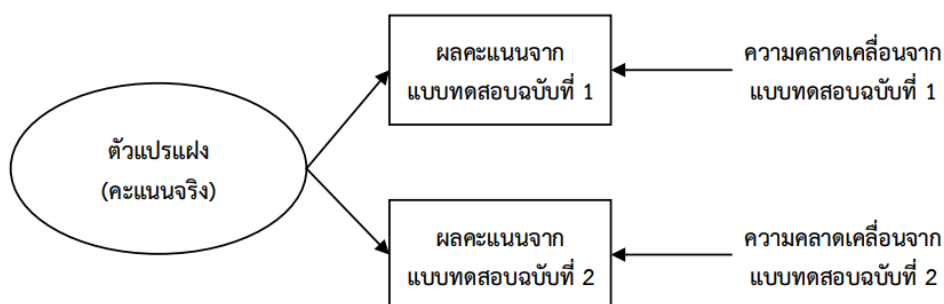
วิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบได้อย่างละเอียด ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ ความยากค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก และค่าพารามิเตอร์การเดา (ญานิสรา มุนินทร์สาคร, 2558)

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ เนื่องจากทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ สามารถจำแนกความสามารถได้แม่นยำกว่า สามารถให้ความสามารถจำแนกผู้สอบได้อย่างละเอียด โดยเฉพาะในช่วงที่ข้อสอบออกแบบให้วัดการประเมินคุณภาพข้อสอบในเชิงลึกและ ช่วยตรวจสอบว่าข้อสอบวัดอะไร วัดได้ดีแค่ไหน ในแต่ละช่วงของความสามารถรวมไปถึงใช้ได้กับกลุ่มที่ต่างกันโดยไม่เสียความแม่นยำ

1. หลักการพื้นฐานของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

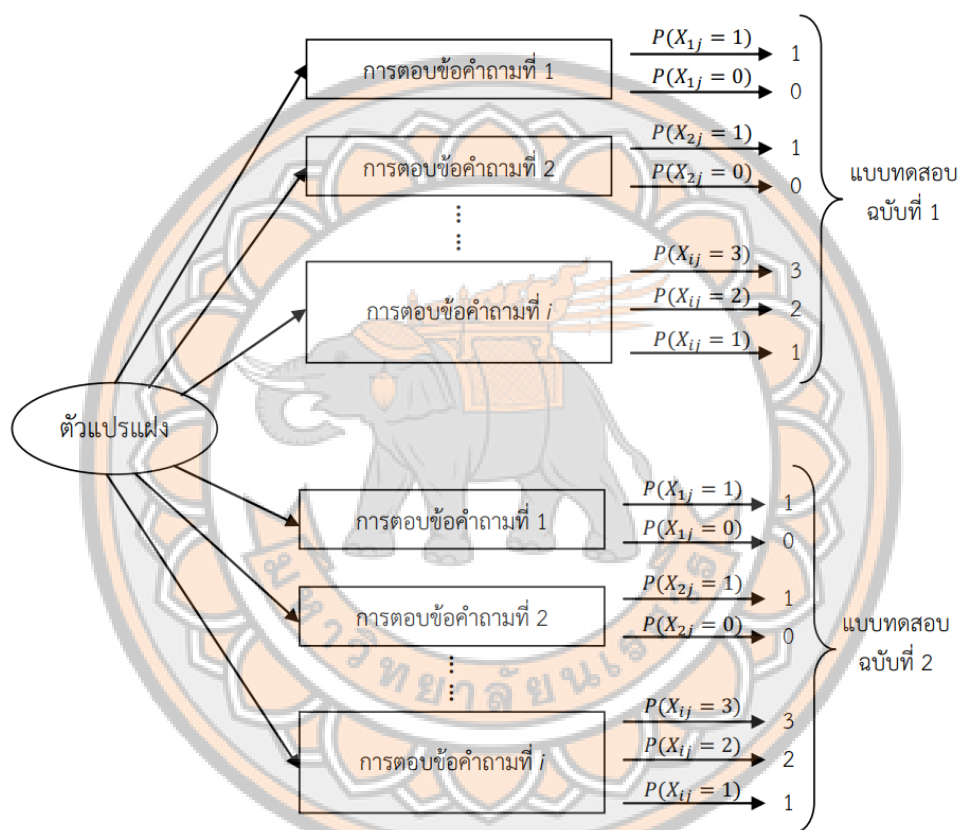
โมเดลการวัด (Measurement Model) เป็นโมเดลเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของตัวแปรต้น (Independent Variables) เพื่อทำนายตัวแปรตาม (Dependent Variables) โมเดลดังกล่าว อาจเป็นโมเดลอย่างง่ายที่ใช้ผลรวมของตัวแปรต้นเพื่อทำนายตัวแปรตามในลักษณะของโมเดลถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression Model) หรืออาจเป็นโมเดลความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น การรวมตัวกันของตัวแปรต้น โดยที่ตัวแปรอาจมีปฏิสัมพันธ์กัน หรือเกิดขึ้นภายใต้ฟังก์ชันการแจกแจงรูปแบบต่าง ๆ เช่น การแจกแจง ปกติสะสม (Cumulative Normal Distribution) การแจกแจงแบบโลจิสติก (Logistic Distribution)

ภาพ 6 และ ภาพ 7 แสดงให้เห็นแนวคิดของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับพฤติกรรมที่แสดงออก โดยภาพ 6 แสดงให้เห็นแนวคิดของโมเดลการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT Model) ซึ่งอธิบายว่า คะแนนที่สังเกตได้ (ผลคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบ) ประกอบด้วยคะแนนจริง (True Score) และความคลาดเคลื่อน (Error)



ภาพ 6 โมเดลการทดสอบแบบดั้งเดิม

ภาพ 7 แสดงให้เห็นโมเดลการตอบสนองข้อสอบ (IRT Model) ซึ่งเป็นโมเดลเชิงคณิตศาสตร์ที่อธิบายว่า ตัวแปรสังเกตได้ คือ ผลการตอบข้อคำถามแต่ละข้อ (เช่น 0 หรือ 1) ขณะที่ตัวแปรแฝงจะเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลอยู่เบื้องหลังความน่าจะเป็น (Probability) ของการตอบข้อคำถามถูก หรือความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบ (Response Options) ความน่าจะเป็นนี้แสดงในรูปของ $P(X_{is} = 1)$



ภาพ 7 โมเดลการตอบสนองข้อสอบ

โมเดลการทดสอบแบบดั้งเดิมเป็นโมเดลอย่างง่ายมีตัวแปรตาม คือ ผลรวมคะแนนดิบของผู้ทดสอบ (แทนด้วย) และตัวแปรต้นสองตัว ได้แก่ คะแนนจริงของผู้ทดสอบซึ่งเป็นคุณลักษณะแฝงที่ต้องการวัด (แทนด้วย) กับคะแนนความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัด (แทนด้วย X_{Es}) ผลรวมเชิงเส้นตรงของตัวแปรต้นสามารถทำนายตัวแปรตามได้ ดังสมการ

(1)

$$X_{Os} = X_{Ts} + X_{Es}$$

โดยมีข้อตกลงเบื้องต้น ของคะแนนความคลาดเคลื่อน คือ 1) ค่าคาดหวัง (Expected Value) ของความคลาดเคลื่อนในกลุ่มผู้ทดสอบมีค่าเป็นศูนย์ และ 2) คะแนนความคลาดเคลื่อน ต้อง ไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนจริง หรือคะแนนความคลาดเคลื่อนอื่น ๆ นอกจากนี้ ในการแปลความหมายตัวแปรต่าง ๆ จากโมเดลการทดสอบแบบดั้งเดิมอาจมีข้อตกลงเบื้องต้นเพิ่มเติม เช่น เมื่อต้องการแปลความหมายความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจากการวัด (Standard Error of Measurement) จะต้องมีการแปลความหมายเพิ่มเติมว่า คะแนนความคลาดเคลื่อนของแต่ละบุคคล จะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ และการแจกแจงของคะแนนความคลาดเคลื่อนระหว่างบุคคลจะต้องมีความเป็นเอกพันธ์โมเดลการทดสอบแบบดั้งเดิมมีข้อจำกัดหลายประการ ดังนี้

1. คะแนนจริงเป็นค่าเฉพาะซึ่งได้มาจากแบบทดสอบหรือมาตรวัดที่ใช้วัดในแต่ละครั้ง ค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามจึงเป็นค่าเฉพาะของแบบทดสอบหรือมาตรวัดที่ใช้วัดในครั้งนั้น ๆ หากมีชุดของข้อคำถามมากกว่าหนึ่งชุดที่มุ่งวัดคุณลักษณะเดียวกัน การอ้างอิงคะแนนจริงจากแบบทดสอบ หรือมาตรวัดต่างชุดทำได้โดยใช้แนวคิดของแบบทดสอบคู่ขนาน (Parallelism) หรือการเปรียบเทียบแบบทดสอบ (Test Equating) เท่านั้น

2. โมเดลการทดสอบแบบดั้งเดิมแสดงให้เห็นถึงตัวแปรอิสระสองตัวที่แยกจากกัน ได้แก่ คะแนนจริงและความคลาดเคลื่อน แต่ในความเป็นจริงแล้วตัวแปรทั้งสองไม่สามารถแยกจากกันได้โดยสมบูรณ์ โมเดลการทดสอบแบบดั้งเดิมจึงใช้เพื่ออธิบายความเป็นเหตุเป็นผลของการประมาณค่าทางสถิติของประชากรเท่านั้น จากสมการที่ 1 จะเห็นได้ว่าต้องมีการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจริง (True Variance) และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error Variance) แต่ในสถานการณ์จริงการวิเคราะห์คะแนนจริงแยกออกจากความคลาดเคลื่อนทำได้ยาก เพราะการวิเคราะห์ดังกล่าวอยู่ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดจำนวนมาก

3. โมเดลการทดสอบแบบดั้งเดิม (ดังสมการที่ 1) แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติของข้อคำถาม (Item Properties) ไม่ได้เชื่อมโยงกับพฤติกรรมโดยตรง ดังนั้น การวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของ ข้อคำถาม เช่น ค่าความยากของข้อคำถาม (Item Difficulty) ค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม (Item Discrimination) ซึ่งใช้ในการคัดเลือกข้อคำถามที่มีความเหมาะสม จึงต้องใช้หลักการอื่น นอกเหนือจากโมเดลการทดสอบแบบดั้งเดิม เช่น ความแปรปรวน (Variance) และความเที่ยง (Reliability) (Embretson & Reise, 2000, pp. 41-43)

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ มีแนวคิดที่สำคัญสองประการ คือ 1) พฤติกรรมการตอบข้อคำถามของผู้ทดสอบ (Examinee) สามารถทำนาย หรืออธิบายได้ด้วยชุดขององค์ประกอบที่เรียกว่าคุณลักษณะ (Traits) คุณลักษณะแฝง (Latent Traits) หรือความสามารถ (Abilities) และ 2) ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการตอบข้อคำถามของผู้ทดสอบกับชุดของคุณลักษณะแฝง

ซึ่งมีอิทธิพลอยู่เบื้องหลังพฤติกรรมการตอบข้อคำถามนั้น สามารถอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันคณิตศาสตร์ที่เรียกว่าฟังก์ชันลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Function) หรือ โค้งลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curve: ICC) ซึ่งเมื่อระดับของคุณลักษณะเพิ่มขึ้น ความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูก (Correct Response) จะเพิ่มขึ้นด้วย (Hambleton, Swaminathan, & Rogers, 1991, p. 7) โค้งลักษณะข้อสอบมีลักษณะเป็นฟังก์ชันโลจิส (Logistic Function) หรือฟังก์ชันปกติสะสม (Normal Ogive Function) บางครั้งอาจเรียกว่า โมเดลโลจิส หรือโมเดลปกติสะสม ซึ่งมีหลากหลายโมเดล (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555, น. 53) โดยทั่วไปการนำโมเดลการตอบสนองข้อสอบไปใช้ทางการศึกษา หรือทางจิตวิทยาจะต้องมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลการตอบสนองข้อสอบ 2 ประการ ได้แก่ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555, น. 75-76; Cohen, Swerdlik, & Sturman, 2013, pp. 170-171; Embretson & Reise, 2000, pp. 45-48; Hambleton, Swaminathan, & Rogers, 1991, pp. 9-12)

1.1 ความเป็นเอกมิติ (Unidimensionality)

ความเป็นเอกมิติ หมายถึง การที่ชุดของข้อคำถาม (หรือข้อสอบ) ในมาตรวัด (หรือแบบทดสอบ) มุ่งวัดคุณลักษณะแฝงเพียงคุณลักษณะเดียว (หรือความสามารถของบุคคลเพียง ความสามารถเดียว)

ในความเป็นจริง ข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว ไม่สามารถพบได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากปัจจัยทางด้านการรู้คิด (Cognitive) บุคลิกภาพ (Personality) และปัจจัยของการทดสอบ เช่น แรงจูงใจ ความกังวลในการทดสอบ ความรวดเร็วในการทำแบบทดสอบ การเดาคำตอบ และทักษะทาง การรู้คิด อาจส่งผลร่วมกับพฤติกรรมที่แสดงออกในการทดสอบอยู่เสมอ ผลการทดสอบที่เกิดขึ้นจึง มิได้เกิดจากคุณลักษณะที่ต้องการวัดเพียงคุณลักษณะเดียวอย่างแท้จริง อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติการตรวจสอบความเป็นเอกมิติ ต้องการเพียงหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าชุดของข้อคำถามมุ่งวัดองค์ประกอบหลัก (Dominant Factor) เพียงองค์ประกอบเดียว แบบทดสอบใดที่มีคุณลักษณะ ดังกล่าว จะถือว่า แบบทดสอบนั้นมีคุณลักษณะเป็นโมเดลเอกมิติ (Unidimensional Model) ขณะที่ แบบทดสอบใดมีการมุ่งวัดองค์ประกอบหลักมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบ แบบทดสอบนั้นแสดงให้เห็นถึงโมเดลพหุมิติ (Multidimensional Model) ซึ่งเป็นโมเดลที่มีความซับซ้อนมากกว่า

การตรวจสอบความเป็นเอกมิติของเครื่องมือวัด สามารถกระทำได้โดยการใช้เทคนิควิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เพื่อคำนวณค่าไอเกน (Eigen Value) สำหรับศึกษาอัตราส่วนระหว่างค่าไอเกนขององค์ประกอบแรก กับองค์ประกอบถัดไป ถ้ามีอัตราส่วนสูง แสดงว่าเครื่องมือวัดนั้นมุ่งวัดคุณลักษณะหลักเพียงคุณลักษณะเดียว (Single

Dominant Factor) นอกจากนี้ สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) เพื่อเพิ่มความมั่นใจ และช่วยยืนยันได้ว่า เครื่องมือนั้นมุ่งวัดเพียงคุณลักษณะเดียว

1.2 ความเป็นอิสระ (Local Independence)

ความเป็นอิสระ หมายถึง เมื่อควบคุมคุณลักษณะหรือความสามารถของบุคคลให้คงที่แล้ว ผลการตอบข้อคำถามในข้อคำถามแต่ละคู่ จะต้องมีความเป็นอิสระจากกันทางสถิติ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าคุณลักษณะแฝงภายในบุคคล ต้องเป็นปัจจัยเดียวที่ทำให้การตอบข้อคำถามของผู้ทดสอบมีความแตกต่างกัน ความแตกต่างกันของการตอบข้อคำถามต้องไม่เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์รูปแบบอื่น ความเป็นอิสระสามารถอธิบายในเชิงคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้ความเป็นอิสระหมายถึง ความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามข้อที่ i ($Prob(X_{is} = 1)$) มีความเป็นอิสระจากผลการตอบข้อคำถามข้ออื่น ๆ (i') เมื่อมีการควบคุมพารามิเตอร์บุคคล (θ_s) และพารามิเตอร์ข้อสอบ (ε_i) ดังสมการที่ 2

$$Prob(X_{is} = 1 | X_{i's} = 1, \varepsilon_k, \theta_s) = Prob(X_{is} = 1 | \varepsilon_k, \theta_s) \quad (2)$$

จากสมการที่ 2 จะสังเกตได้ว่า ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบข้อที่ i อย่างมีเงื่อนไข จากผลการตอบข้อคำถามข้อที่ i' มีความน่าจะเป็นเท่ากับ ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบข้อที่ i หากพิจารณาอย่างผิวเผิน แนวคิดเรื่องความเป็นอิสระของข้อคำถามอาจขัดแย้งกับแนวคิดเรื่องความสอดคล้องภายในของข้อคำถามตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ที่ระบุว่าข้อคำถามที่มีความสัมพันธ์กันมาก แสดงให้เห็นว่ามาตรวัดนั้นมีความเที่ยงในระดับสูง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาอย่างละเอียดจะพบว่า แนวคิดตามทฤษฎีทั้งสองนั้น มิได้ขัดแย้งกัน เพราะความเป็นอิสระของข้อคำถามตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบนั้น เป็นความอิสระของข้อคำถาม ที่เกิดขึ้นภายหลังการควบคุมพารามิเตอร์บุคคล และพารามิเตอร์ข้อสอบที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อการตอบข้อคำถามในโมเดลแล้ว

2. โมเดลการตอบสนองข้อสอบ

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบมีคุณลักษณะเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ การเลือกใช้โมเดล อย่างเหมาะสมจึงส่งผลสำคัญต่อคุณภาพของมาตรวัด ในเบื้องต้น การเลือกใช้โมเดลการตอบสนอง ข้อสอบต้องพิจารณาเลือกโมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูล เพราะโมเดลการตอบสนองข้อสอบมิให้ เลือกใช้อย่างหลากหลาย แต่ละโมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป โมเดล การตอบสนองข้อสอบสามารถแบ่งตามชนิดของข้อมูลได้ 2 ประเภท ได้แก่ โมเดลการตอบสนอง ข้อสอบแบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า (Binary IRT Model

หรือ Dichotomous IRT Model) และโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polytomous IRT Model) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555, น. 51-114; De Ayala, 2009, pp. 11-38, 99-274; Embretson & Reise, 2000, pp. 65-124; Hambleton, Swaminathan, & Rogers, 1991, pp. 12-28)

1. โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า (Dichotomous IRT Models)

โมเดลการตอบสนองข้อสอบรูปแบบนี้เหมาะกับข้อมูลที่เมื่อตรวจให้คะแนน (Scored) แล้วมีคะแนนที่เป็นไปได้สองค่า (Binary Data) คือ 0 กับ 1 เช่น สำเร็จ (Success ให้ 1 คะแนน) และล้มเหลว (Failure ให้ 0 คะแนน) ลักษณะของการตรวจให้คะแนน 2 ค่า อาจได้มาจากการตอบข้อคำถามหลากหลายรูปแบบ เช่น ในแบบทดสอบวัดความสามารถที่มีตัวเลือก “ถูกหรือผิด” (Right vs. Wrong) ในแบบประเมินตนเองด้านบุคลิกภาพที่มีตัวเลือกว่า “เป็นจริงหรือไม่เป็นจริง” (True vs. Not True) ในแบบทดสอบเจตคติที่มีตัวเลือกว่า “เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย” (Agree vs. Disagree) และในมาตราประมาณค่าทางด้านพฤติกรรมที่มีตัวเลือกว่า “ใช่หรือไม่ใช่” (Yes vs. No) การตอบข้อคำถามดังที่กล่าวมานี้ ล้วนมีการตรวจให้คะแนนแบบสองค่าทั้งสิ้น นอกจากนี้ หากพิจารณาด้านมิติทางการวัดจะเห็นได้ว่า โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า นั้น สามารถแบ่งตามมิติของการวัดตัวแปรได้ 2 ประเภท คือ โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (Unidimensional IRT Models) ซึ่งมุ่งวัดความแตกต่างของบุคคลที่กำหนดโดยคุณลักษณะแฝงเพียง หนึ่งคุณลักษณะ และโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional IRT Models) ซึ่งมุ่งวัดความแตกต่างของบุคคลที่กำหนดโดยคุณลักษณะมากกว่าหนึ่งคุณลักษณะ

1.1. โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะสองค่า (Unidimensional IRT Models for Binary Data)

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติมีแนวคิดว่าคุณลักษณะแฝงเพียง หนึ่งคุณลักษณะ สามารถอธิบายความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างบุคคลได้ โมเดลนี้เหมาะ สมกับข้อมูลที่มีการสร้าง ข้อคำถามจากคุณลักษณะแฝงเพียงหนึ่งคุณลักษณะ อย่างไรก็ตาม บางครั้งโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติอาจเหมาะกับข้อคำถามที่สร้างขึ้นจากองค์ประกอบมากกว่า หนึ่งองค์ประกอบ เมื่อข้อคำถามทั้งหมดเกี่ยวข้องกับผลรวมของแต่ละองค์ประกอบ อย่างไรก็ตาม โมเดลการตอบสนองข้อสอบ แบบเอกมิติไม่เหมาะกับข้อมูลที่มีลักษณะดังนี้ 1) ข้อคำถามได้รับอิทธิพลจากคุณลักษณะแฝง มากกว่าหนึ่งคุณลักษณะ และ 2) บุคคลมีกลวิธี โครงสร้างความรู้ หรือการแปล

ความข้อคำถาม แตกต่างกัน ข้อมูลที่มีลักษณะสองประการนี้ เหมาะที่จะวิเคราะห์ด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

1.1.1 โมเดลโลจิสแบบดั้งเดิม (Traditional Logistic Models)

โมเดลโลจิสแบบดั้งเดิม อยู่บนพื้นฐานการแจกแจงแบบโลจิสติก ซึ่งแสดงความน่าจะเป็นด้วยรูปแบบอย่างง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อแทนผลรวมพารามิเตอร์บุคคล และพารามิเตอร์ข้อสอบในโมเดล ความน่าจะเป็นสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P(X_{is} = 1|\omega_{is}) = \frac{\exp(\omega_{is})}{1 + \exp(\omega_{is})} \quad (3)$$

เมื่อ $\exp(\omega_{is})$ (สามารถเขียนได้ในรูป $e^{\omega_{is}}$) หมายถึง ลอการิทึมธรรมชาติ (มีค่าเท่ากับ 2.718) ยกกำลัง ω_{is} ค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามสำเร็จ (Success) สามารถคำนวณได้จากการหาค่าแอนติล็อกกาลีทึมตามสมการที่ 3

1) โมเดลโลจิสแบบหนึ่งพารามิเตอร์ หรือ ราส์ชโมเดล (One-Parameter Logistic Model (1PL) or Rasch Model)

ราส์ชโมเดลคาดการณ์ความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามสำเร็จ (Success) หรือตอบข้อสอบถูกของบุคคลที่ S ต่อข้อคำถามข้อที่ i (ได้แก่ $P(X_{is} = 1)$) ดังสมการ

$$P(X_{is} = 1|\theta_s, \beta_i) = \frac{\exp(\theta_s - \beta_i)}{1 + \exp(\theta_s - \beta_i)} \quad (4)$$

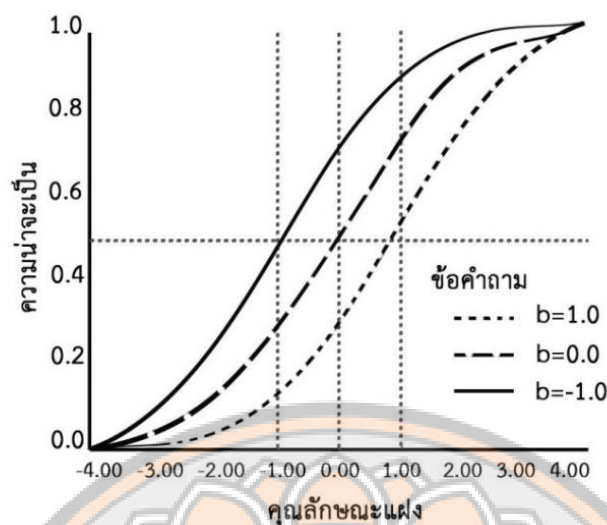
โดย

X_{is} หมายถึง การตอบข้อคำถามของบุคคลที่ S ต่อข้อคำถามข้อที่ i (0 หรือ 1)

θ_s หมายถึง ระดับคุณลักษณะแฝงที่ S

β_i หมายถึง พารามิเตอร์ความยากของข้อคำถามข้อที่ i

จากสมการที่ 4 $\theta_s - \beta_i$ คือ ผลต่างของระดับของคุณลักษณะแฝง (Trait level) กับ ค่าความยากของข้อคำถาม (Item Difficulty) ซึ่งแทนที่ ω_{is} ในสมการที่ 3 ราส์ชโมเดลสามารถเรียกได้ว่าเป็นโมเดลโลจิสแบบหนึ่งพารามิเตอร์ (One-parameter Logistic (1PL) Model) เนื่องจากมีพารามิเตอร์ข้อสอบเพียงหนึ่งพารามิเตอร์ ตัวอย่างโค้งลักษณะข้อสอบของราส์ชโมเดล แสดงได้ดังภาพ 8



ภาพ 8 โค้งลักษณะข้อสอบของโมเดลโลจิสแบบหนึ่งพารามิเตอร์หรือราส์โมเดล

จากภาพ 8 แสดงถึงโค้งลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curves: ICCs) จากราสส์โมเดลของข้อคำถามจะนวนสามข้อโค้งลักษณะข้อสอบนี้ มีลักษณะหลายประการ คือ 1) ความน่าจะเป็นของข้อคำถามแต่ละข้อค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามคุณลักษณะแฝงที่เพิ่มขึ้น 2) ข้อคำถาม แต่ละข้อมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันเฉพาะในส่วนของพารามิเตอร์ความยาก แต่มีความชันของโค้ง ลักษณะข้อสอบไม่แตกต่างกัน โดยโค้งลักษณะข้อสอบมีการลู่อเข้าหากันแต่ไม่ตัดกัน และ 3) จุดเปลี่ยนโค้งลักษณะข้อสอบ มีความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูก (หรือเลือกคำตอบที่ได้ 1 คะแนน) เท่ากับ 0.50 นอกจากนั้น ภาพนี้ได้แสดงเส้นอ้างอิงที่ระดับคุณลักษณะแฝงต่าง ๆ (เส้นประที่ลากจากแกนนอน) ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อคำถามเมื่อโค้งลักษณะข้อสอบมีค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูกเท่ากับ 0.50 ความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้สามารถแปลความหมายระดับคุณลักษณะแฝงเชื่อมโยงกับค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อคำถามได้ เช่น ข้อคำถามที่มีค่าพารามิเตอร์ความยากเท่ากับ 1.00 หมายความว่า บุคคลที่มีระดับคุณลักษณะแฝงเท่ากับ 1.00 มีความน่าจะเป็นที่จะตอบข้อคำถามถูกเท่ากับ 0.50

2) โมเดลโลจิสแบบสองพารามิเตอร์ (Two-Parameter Logistic Model (2PL))

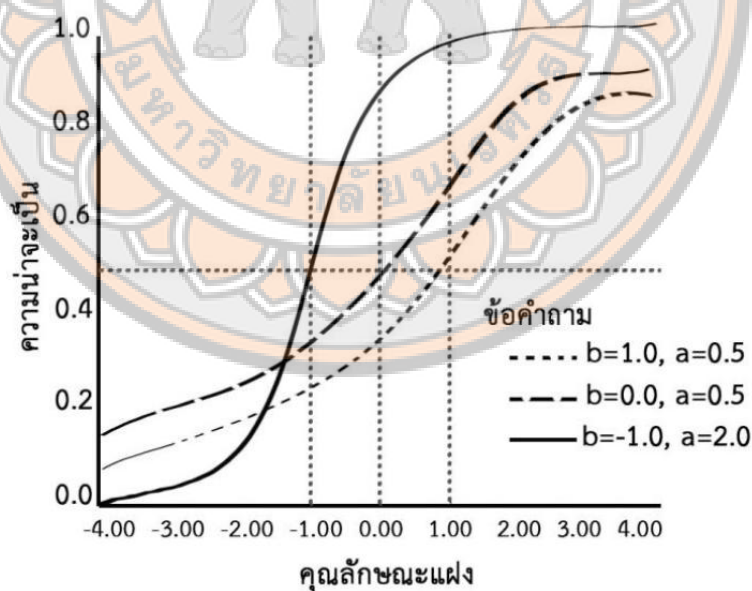
โมเดลโลจิสแบบสองพารามิเตอร์ มีพารามิเตอร์ข้อสอบเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งพารามิเตอร์ คือ พารามิเตอร์อำนาจจำแนก (Discrimination Parameters) ในกรณีนี้ความน่าจะเป็นของบุคคลที่ S ในการตอบข้อคำถามข้อที่ i สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5 ดังนี้

$$P(X_{is} = 1 | \theta_s, \beta_i, \alpha_i) = \frac{\exp [\alpha_i(\theta_s - \beta_i)]}{1 + \exp [\alpha_i(\theta_s - \beta_i)]} \quad (5)$$

โดย

X_{is}	หมายถึง	การตอบข้อคำถามของบุคคลที่ S ต่อข้อคำถามข้อที่ i (0 หรือ 1)
θ_s	หมายถึง	ระดับคุณลักษณะแฝงที่ S
β_i	หมายถึง	พารามิเตอร์ความยากของข้อคำถามข้อที่ i
α_i	หมายถึง	พารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อคำถามข้อที่ i

เมื่อเปรียบเทียบสมการที่ 4 และสมการที่ 5 จะพบความแตกต่างในส่วนของพารามิเตอร์อำนาจจำแนก ซึ่งแต่ละข้อคำถามจะมีค่าอำนาจจำแนกที่แตกต่างกันไป ดังนั้น โมเดลโลจิสแบบสองพารามิเตอร์ จึงเหมาะกับข้อมูลที่ไม่สามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ด้วยตำแหน่งหรือระดับของคุณลักษณะแฝง (พารามิเตอร์ความยาก) เพียงอย่างเดียว แต่ต้องอาศัยมุมมองอื่นในการอธิบายความแตกต่างของบุคคลเพิ่มเติมด้วย ตัวอย่างโค้งลักษณะข้อสอบของโมเดลโลจิสแบบสองพารามิเตอร์ แสดงได้ดังภาพ 9



ภาพ 9 โค้งลักษณะข้อสอบของโมเดลโลจิสแบบสองพารามิเตอร์

จากภาพ 9 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบของข้อคำถามสามข้อภายใต้โมเดลโลจิสแบบสองพารามิเตอร์ ซึ่งถึงแม้ระดับความยากของข้อคำถามแต่ละข้อจะมีค่าเท่ากับข้อคำถามที่แสดงในภาพ 8 แต่ในภาพนี้จะพบว่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกมีค่าแตกต่างกันไป จากภาพจะเห็นได้ว่าโค้งลักษณะข้อสอบมีการตัดกัน อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์ความยากยังคงบ่งบอกถึงตำแหน่งของระดับคุณลักษณะ แผลงที่มีความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูกต้องเท่ากับ 0.50 เช่นเดิม

3) โมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์ (Three-Parameter Logistic Model (3PL))

โมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์มีลักษณะโค้งลักษณะข้อสอบที่แตกต่างไปจากสองโมเดลที่ผ่านมา โดยจุดเริ่มต้นของโค้งลักษณะข้อสอบไม่ได้เริ่มจากศูนย์ ซึ่งหมายถึงผู้ทดสอบมีโอกาสตอบ ข้อคำถามถูกต้องโดยไม่ต้องใช้ความสามารถ หรือคุณลักษณะแผลงใด ๆ ที่ต้องการวัดเลย แต่อาจตอบถูกต้อง เพราะผลจากการเดา (Guessing) เช่น ลักษณะการตอบข้อคำถามแบบหลายตัวเลือก (Multiple Choice) ความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูกอาจมีค่ามากกว่าศูนย์ แม้ผู้ทดสอบจะมีความสามารถหรือมีคุณลักษณะแผลงต่ำก็ตาม โมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์จึงมีพารามิเตอร์การเดา (Guessing Parameter or Lower-Asymptote Parameter) เพิ่มขึ้นมาหนึ่งตัว ความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูกในโมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 6

$$P(X_{is} = 1 | \theta_s, \beta_i, \alpha_i, \gamma_i) = \gamma_i + (1 - \gamma_i) \frac{\exp[\alpha_i(\theta_s - \beta_i)]}{1 + \exp[\alpha_i(\theta_s - \beta_i)]} \quad (6)$$

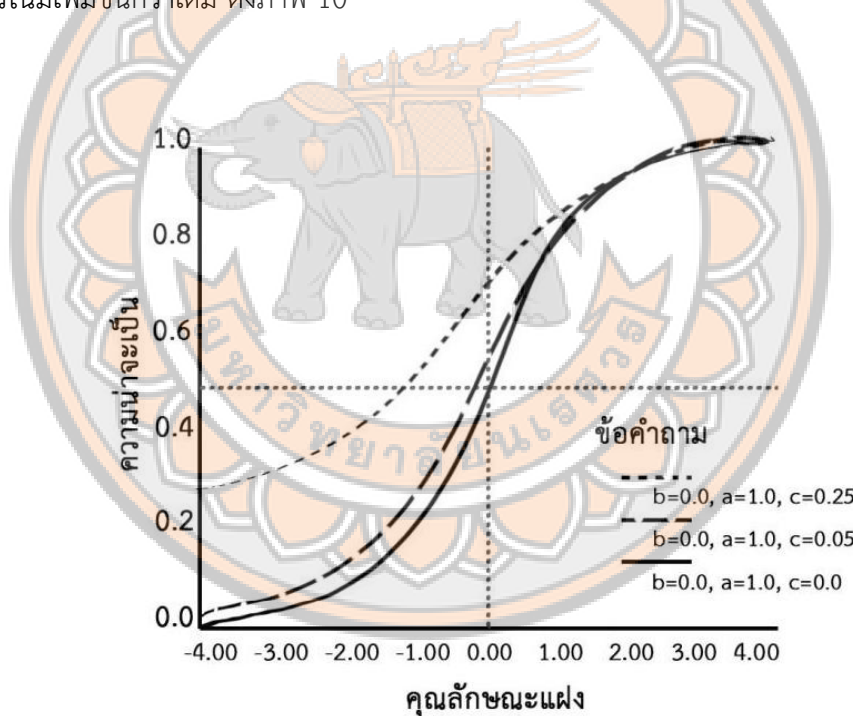
โดย

- X_{is} หมายถึง การตอบข้อคำถามของบุคคลที่ S ต่อข้อคำถามข้อที่ i (0 หรือ 1)
- θ_s หมายถึง ระดับคุณลักษณะแผลงที่ S
- β_i หมายถึง พารามิเตอร์ความยากของข้อคำถามข้อที่ i
- α_i หมายถึง พารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อคำถามข้อที่ i
- γ_i หมายถึง พารามิเตอร์การเดาของข้อคำถามข้อที่ i

ข้อคำถามที่มีตัวเลือกการตอบ 4 ตัวเลือก ปกติแล้วหากผู้ทดสอบเดาสุ่ม จะมีความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูก เท่ากับ 0.25 อย่างไรก็ตาม การประมาณค่าพารามิเตอร์การเดาจากโมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์ จะมีค่าแตกต่างจากความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูกจากการเดาสุ่ม (Random Guessing Probability) ยกตัวอย่างเช่น ถ้าผู้สอบสามารถตัดตัวเลือก

อื่น ๆ ได้ และเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดจากตัวเลือกที่เหลืออยู่ ความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูก จะมีค่าสูงขึ้น ในโมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์ หากมีค่าพารามิเตอร์การเดาของข้อคำถามแต่ละข้อแตกต่างกันอาจนำไปสู่ปัญหาเกี่ยวกับการประมาณค่า ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวจึงนิยาม ค่าพารามิเตอร์การเดาที่เป็นตัวแทนของข้อคำถามทุกข้อ หรือสำหรับกลุ่มผู้สอบที่ใช้ข้อคำถาม ชุดเดียวกัน

นอกจากนี้ มีข้อสังเกตที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ พารามิเตอร์ความยากในโมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์นั้นมีความแตกต่างไปจากโมเดลอื่น ๆ โดยค่าพารามิเตอร์ความยากยังคงเกิดขึ้นที่จุดเปลี่ยนโค้งของโค้งลักษณะข้อสอบ แต่จุดเปลี่ยนโค้งดังกล่าวไม่ได้อยู่ที่ระดับคุณลักษณะแฝงซึ่งมีความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูก เท่ากับ 0.50 อีกต่อไป เนื่องจากจุดเปลี่ยนโค้งมีการเปลี่ยนตำแหน่ง ซึ่งเป็นผลมาจากโค้งที่ไม่ได้มีจุดเริ่มต้นที่ศูนย์ ค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูก จึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกว่าเดิม ดังภาพ 10



ภาพ 10 โค้งลักษณะข้อสอบของโมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์

ภาพ 10 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบของข้อคำถามสามข้อ จะเห็นได้ว่าข้อคำถามทั้งสามข้อ มีค่าพารามิเตอร์ความยากเท่ากับ 0.00 และมีพารามิเตอร์อำนาจจำแนกเท่ากับ 1.00 แต่ ข้อคำถามทั้งสามข้อ มีพารามิเตอร์การเดาที่แตกต่างกัน (จุดเริ่มต้นโค้งแตกต่างกัน) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในระดับ

คุณลักษณะแฝงที่ต่ำที่สุด ความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูกต้องมีค่ามากกว่าศูนย์ โดยในข้อคำถามที่มีค่า เท่ากับ 0.25 ค่าความน่าจะเป็นน้อยที่สุดในการตอบข้อคำถามถูก มีค่าเท่ากับ 0.25 นอกจากนั้นจะสังเกตได้ว่าที่จุดเปลี่ยนโค้ง ค่าพารามิเตอร์ความยากไม่ได้มีค่าเท่ากับ ค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูก เท่ากับ 0.50 เหมือนในโมเดลโลจิสแบบหนึ่งพารามิเตอร์ และโมเดลโลจิสแบบสองพารามิเตอร์

1.1.2 โมเดลปกติสะสม (Traditional Normal Ogive Models)

โมเดลปกติสะสมเป็นโมเดลที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่นเดียวกับโมเดลโลจิส อย่างไรก็ตาม โค้งลักษณะข้อสอบของโมเดลปกติสะสมสร้างขึ้นจากฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่าง จากโมเดลโลจิส โดยเป็นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากกว่า เนื่องจากความน่าจะเป็น ในการตอบข้อคำถามถูก ได้มาจากค่าสัดส่วนสะสมของเคส (Cases) จากการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้น โมเดลปกติสะสมจึงสร้างโค้งลักษณะข้อสอบในลักษณะค่าสัดส่วนของเคส (Cases) ภายใต้ คะแนนมาตรฐานที่มีค่าแน่นอน (Z_{is}) ดังสมการ

$$P(X_{is} = 1) = \int_{-\infty}^{Z_{is}} \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \exp(-t^2/2) dt \quad (7)$$

โดย

$\int_{-\infty}^{Z_{is}} dt$ หมายถึง ปริพันธ์สำหรับการหาพื้นที่ของการแจกแจงตั้งแต่ $-\infty$ ถึง Z_{is}
 π หมายถึง ค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.14

ดังนั้น ในสมการที่ 7 จึงประกอบไปด้วยฟังก์ชันความหนาแน่นปกติ (Normal Density Function) และ การหาค่าสัดส่วนของเคส (Cases) จนถึงตำแหน่งคะแนนมาตรฐานซี (Z_{is}) โดยคะแนนมาตรฐานซี (Z_{is}) จะประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของโมเดลการตอบสนองข้อสอบ โมเดลปกติสะสมแบบสองพารามิเตอร์ และโมเดลปกติสะสมแบบสามพารามิเตอร์ถูก นำไปใช้ในหลายโอกาส ซึ่งมีโครงสร้างของพารามิเตอร์ในโมเดลเหมือนกับโมเดลโลจิสแบบสอง พารามิเตอร์ และโมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์ ตามลำดับในขณะที่โมเดลปกติสะสมแบบหนึ่ง พารามิเตอร์ มีแนวคิดทางทฤษฎีและการนำไปใช้แตกต่างไปจากโมเดลโลจิสแบบหนึ่งพารามิเตอร์ ดังนั้น ในส่วนนี้จึงนำเสนอเพียงโมเดลปกติสะสมแบบสองพารามิเตอร์และโมเดลปกติสะสมแบบสามพารามิเตอร์เท่านั้น

1) โมเดลปกติสะสมแบบสองพารามิเตอร์ (Two-Parameter Normal Ogive Model) โมเดลปกติสะสมแบบสองพารามิเตอร์มีโครงสร้างเช่นเดียวกับโมเดลโลจิสแบบสอง พารามิเตอร์ โดย Z_{is} สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 8

$$Z_{is} = \alpha_i(\theta_s - \beta_i) \quad (8)$$

โดย

θ_s หมายถึง ระดับคุณลักษณะแฝงที่ S

β_i หมายถึง พารามิเตอร์ความยากของข้อคำถามข้อที่ i

α_i หมายถึง พารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อคำถามข้อที่ i

ค่าของพารามิเตอร์ทำหน้าที่เป็นคะแนนมาตรฐาน (Z_{is}) ในการหาสัดส่วนสะสมในขอบเขตของ Z_{is} ซึ่งสามารถคำนวณความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูกต้องจากสมการที่ 9

$$P(X_{is} = 1 | \theta_s, \beta_i, \alpha_i) = \int_{-\infty}^{\alpha_i(\theta_s - \beta_i)} \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \exp(-t^2/2) dt \quad (9)$$

โดย

X_{is} หมายถึง การตอบข้อคำถามของบุคคลที่ S ต่อข้อคำถามข้อที่ i (0 หรือ 1)

θ_s หมายถึง ระดับคุณลักษณะแฝงที่ S

β_i หมายถึง พารามิเตอร์ความยากของข้อคำถามข้อที่ i

α_i หมายถึง พารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อคำถามข้อที่ i

$\int_{-\infty}^{Z_{is}} dt$ หมายถึง ปริพันธ์สำหรับการหาพื้นที่ของการแจกแจงตั้งแต่ $-\infty$ ถึง Z_{is}

π หมายถึง ค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.14

ตัวอย่างเช่น ถ้า $\alpha_i=1.00$ $\theta_s=2.00$ และ $\beta_i=1.00$ ดังนั้น เมื่อคำนวณค่าของ Z_{is} ตามสมการที่ 8 จะได้ค่าเท่ากับ 1.00 สัดส่วนภายใต้ค่าที่มีค่าเท่ากับ 1.00 จากการแจกแจงปกติ มีค่าเท่ากับ 0.8413 ดังนั้น ความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูกต้องที่คำนวณได้จากสมการที่ 9 มีค่าเท่ากับ 0.8413 อีกตัวอย่างหนึ่ง คือ หากผลรวมของค่าพารามิเตอร์ทำให้ได้ค่าคะแนนมาตรฐานเท่ากับ -1.50 ความน่าจะเป็นที่คำนวณได้จากการแจกปกติสะสมจะเท่ากับ 0.0668

2) โมเดลปกติสะสมแบบสามพารามิเตอร์ (Two-Parameter Normal Ogive Model)

โมเดลนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับโมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์ ซึ่งเพิ่มพารามิเตอร์การเดาเข้าไปในโมเดล โมเดลปกติสะสมแบบสามพารามิเตอร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 10 ดังนี้

$$P(X_{is} = 1 | \theta_s, \beta_i, \alpha_i, \gamma_i) = \gamma_i + (1 - \gamma_i) \int_{-\infty}^{\alpha_i(\theta_s - \beta_i)} \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \exp(-t^2/2) dt \quad (10)$$

โดย

X_{is}	หมายถึง	การตอบข้อคำถามของบุคคลที่ s ต่อข้อคำถามข้อที่ i (0 หรือ 1)
θ_s	หมายถึง	ระดับคุณลักษณะแฝงที่ s
β_i	หมายถึง	พารามิเตอร์ความยากของข้อคำถามข้อที่ i
α_i	หมายถึง	พารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อคำถามข้อที่ i
γ_i	หมายถึง	พารามิเตอร์การเดาของข้อคำถามข้อที่ i
$\int_{-\infty}^{Z_{is}} dt$	หมายถึง	ปริพันธ์สำหรับการหาพื้นที่ของการแจกแจงตั้งแต่ $-\infty$ ถึง Z_{is}
π	หมายถึง	ค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.14

เช่นเดียวกับโมเดลโลจิสแบบสามพารามิเตอร์ ค่าพารามิเตอร์ความยากซึ่งเป็นบริเวณจุดเปลี่ยนโค้ง ไม่ได้มีค่าเท่ากับความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามถูก เท่ากับ 0.50

1.2 โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะสองค่า (Multidimensional IRT Models for Binary Data)

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณลักษณะของบุคคลตั้งแต่สองพารามิเตอร์ขึ้นไป มิติการวัดที่หลากหลายทำให้ข้อมูลการตอบข้อคำถามมีความสอดคล้องมากขึ้นเมื่อบุคคลตอบข้อคำถามที่มีความยากง่ายแตกต่างกันออกไปอย่างเป็นระบบ โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติสามารถจัดได้เป็นสองกลุ่ม คือ โมเดลเชิงสำรวจ (Exploratory Models) และโมเดลเชิงยืนยัน (Confirmatory Models) เมื่อเปรียบเทียบกับ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) จะพบว่าโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติเชิงสำรวจ (Exploratory Multidimensional Models) เกี่ยวข้องกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและพารามิเตอร์บุคคลมากกว่าหนึ่งมิติ เพื่อให้โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูล โดยไม่มีการกำหนดจำนวนขององค์ประกอบอย่างชัดเจน ซึ่งตรงข้ามกับโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติเชิงยืนยัน (Confirmatory Multidimensional Models) ซึ่งเป็นการประมาณ

ค่าพารามิเตอร์ โดยกำหนดมิติขององค์ประกอบอย่างชัดเจน ตัวอย่างโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ เช่น โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบไม่ใช่เส้นตรงของแมคโดนัลด์ (McDonald's Non-Linear Factor Analysis Model) โมเดลโลจิสแบบพหุมิติ (Multidimensional Logistic Models) โมเดลปกติสะสมแบบพหุมิติ (Multidimensional Normal Ogive Models) โมเดลคุณลักษณะแฝงแบบพหุองค์ประกอบ (Multicomponent Latent Trait Model; MLTM) โมเดลคุณลักษณะแฝงแบบ องค์ประกอบทั่วไป (General Component Latent Trait Model) โมเดลสำหรับการเรียนรู้และ การเปลี่ยนแปลง (Models for Learning and Change) โมเดลที่มีโครงสร้างระดับคุณลักษณะแฝง อย่างเจาะจง (Models With Specified Trait Level Structures) และโมเดลสำหรับการแยกกลุ่ม ของบุคคล (Models for Distinct Classes of Persons)

2. โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polytomous IRT Models)

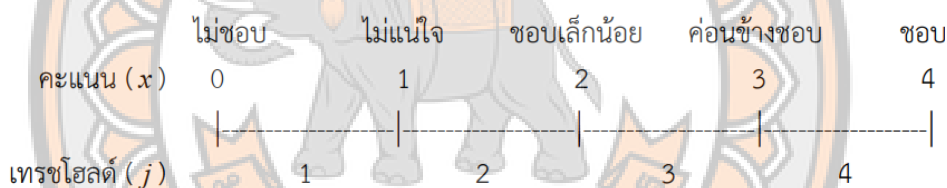
มาตรวัดทางด้านจิตวิทยาส่วนใหญ่นั้น มีลักษณะการตรวจให้คะแนนที่ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการให้คะแนนแบบ 0 กับ 1 ดังนั้น โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า (Dichotomous IRT Model) จึงมีข้อจำกัดสำหรับการนำไปใช้ ในกรณีที่รูปแบบการตอบสามารถตรวจให้คะแนนได้มากกว่า 2 ค่า เช่น มาตรวัดเจตคติ หรือแบบประเมินบุคลิกภาพ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยข้อคำถามที่มีตัวเลือกคำตอบแบบเรียงลำดับหลายตัวเลือก ตัวเลือกคำตอบแบบเรียงลำดับหลายตัวเลือกสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ทดสอบได้มากกว่า และมีความน่าเชื่อถือมากกว่า ตัวเลือกคำตอบแบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า โมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลลักษณะนี้ คือ โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polytomous IRT Models) ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระดับคุณลักษณะแฝงของผู้ทดสอบ (Examinee Trait Level) กับ ความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบ โมเดลการตอบสนองข้อสอบในกลุ่มนี้ มีหลากหลายโมเดล และมีผู้พัฒนาโมเดลใหม่ ๆ ขึ้นมาเป็นระยะ แต่โมเดลที่เป็นที่คุ้นเคย และรู้จักกัน โดยทั่วไป มี 6 โมเดลหลัก ได้แก่ (Embretson & Reise, 2000, p. 95)

Graded Response Model (GRM) พัฒนาโดย Samejima ในปี ค.ศ. 1969 เป็นโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า ที่เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีตัวเลือกรายการคำตอบแบบเรียงลำดับ (Ordered categories responses) เช่น มาตรประมาณค่าของลิเคิร์ท (Likert Rating Scale) โมเดล GRM เป็นโมเดลที่ขยายมาจากโมเดลโลจิสแบบสองพารามิเตอร์ (2PL) และมีการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบแบบสองขั้นตอน (Two-Step Process) ซึ่งจัดเป็นโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบทางอ้อม (Indirect IRT Models)

โดยในแต่ละข้อคำถามอาจมีตัวเลือกรายการคำตอบเท่ากัน หรือไม่เท่ากันก็ได้ เพราะไม่ว่าจะมีจำนวนรายการคำตอบเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ไม่ส่งผลต่อความยุ่งยากในการประมาณค่าพารามิเตอร์

ในโมเดล GRM ข้อคำถามแต่ละข้อ (i) จะประกอบด้วยพารามิเตอร์ความชัน (Slope Parameter: α_i) และพารามิเตอร์เทรชโฮลด์ (Threshold Parameter: β_{ij}) ซึ่ง j แสดงถึงช่วงเทรชโฮลด์ในข้อคำถามนั้น ๆ (ช่วงระหว่างตัวเลือกรายการคำตอบ) และมีค่าได้ตั้งแต่ 1 ถึง m_i โดย $m_i + 1 = k_i$ ซึ่ง k_i เป็นค่าที่แสดงถึงจำนวนตัวเลือกรายการคำตอบ ในข้อคำถามนั้น ๆ โมเดล GRM ใช้วิธีการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการเลือกการตอบแบบ 2 ขั้นตอน โดยเริ่มต้นด้วยการคำนวณค่า β_{ij} ในทุกช่วงเทรชโฮลด์ ซึ่งหากข้อคำถามมีจำนวนตัวเลือกรายการคำตอบ 5 รายการ ($K = 5$) ผู้ทดสอบสามารถได้คะแนน (x) ตั้งแต่ 0 ถึง 4 คะแนน ดังนั้น m_i มีค่าเท่ากับ 4 ($j = 1..4$) ซึ่งหมายถึงช่วงเทรชโฮลด์มี 4 ช่วง โดยโมเดล GRM จะเริ่มต้นด้วยการประมาณค่า β_{ij} ในแต่ละช่วงเทรชโฮลด์เหล่านี้ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างข้อคำถาม: ฉันรู้สึกสนุกสนานเมื่อได้เข้าร่วมงานคืนสู่เหย้า



ขั้นตอนแรกของโมเดล GRM เป็นการประมาณค่าความน่าจะเป็นในการเลือกการตอบในแต่ละช่วงเทรชโฮลด์ ($P_{ix}^*(\theta)$) ด้วยสมการที่ 11

$$P_{ix}^*(\theta) = \frac{\exp[\alpha_i(\theta - \beta_{ij})]}{1 + \exp[\alpha_i(\theta - \beta_{ij})]} \quad (11)$$

โดย

x มีค่าเท่ากับ j ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง m_i

θ หมายถึง ระดับคุณลักษณะแฝง

β_{ij} หมายถึง พารามิเตอร์ตำแหน่ง (พารามิเตอร์เทรชโฮลด์) ของข้อคำถามข้อที่ i ในตัวเลือกการตอบที่ j

α_i หมายถึง พารามิเตอร์ความชัน (พารามิเตอร์อำนาจจำแนก) ของข้อคำถามข้อที่ i

โค้งฟังก์ชัน ($P_{ix}^*(\theta)$) ที่คำนวณได้จากสมการที่ 11 จะแสดงถึงค่าความน่าจะเป็นของการตอบข้อคำถาม (x) ของผู้ทดสอบที่มีระดับคุณลักษณะแฝงเท่ากับ θ ในการเลือกรายการคำตอบ ระหว่างช่วงเทรชโฮลด์นั้นกับรายการคำตอบที่อยู่ในช่วงเทรชโฮลด์ที่สูงกว่า โดยโค้ง ($P_{ix}^*(\theta)$) มีชื่อเรียกว่าโค้งลักษณะปฏิบัติการ (Operating Characteristic Curves: OCC) ซึ่งจะต้องมีการประมาณค่าโค้งลักษณะปฏิบัติการในทุกช่วงเทรชโฮลด์ ดังนั้น ในข้อคำถามที่มีตัวเลือกการคำตอบ 5 รายการ จะต้องมีโค้งลักษณะปฏิบัติการจำนวนทั้งสิ้น 4 โค้ง และต้องประมาณค่า β_{ij} ทั้งหมด 4 ค่า (ค่าพารามิเตอร์ β_{ij} เป็นค่าที่แสดงถึงตำแหน่งหรือระดับคุณลักษณะแฝง ของผู้ทดสอบที่มีความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบในระดับที่สูงกว่าช่วงเทรชโฮลด์ที่กำหนด เท่ากับ 0.50) การคำนวณค่า β_{ij} ในโมเดล GRM นั้น ช่วงแรกใช้วิธีการแบบโมเดลการตอบสนอง ข้อสอบที่มีการตรวจให้คะแนนแบบสองค่า โดยในแต่ละช่วงเทรชโฮลด์จะมีการประมาณค่า ความน่าจะเป็นที่ผู้ทดสอบจะเลือกรายการคำตอบในช่วงเทรชโฮลด์ที่สูงกว่า เช่น มาตรฐานเจตคติซึ่งมี ตัวเลือกรายการคำตอบ 5 ระดับตั้งแต่ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง และมีการให้คะแนน แต่ละรายการคำตอบตั้งแต่ 0 ถึง 4 ในช่วงเทรชโฮลด์ต่ำที่สุด ค่า β_{ij} แสดงถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ ผู้ทดสอบจะเลือกรายการคำตอบระหว่างรายการคำตอบที่ 0 กับรายการคำตอบที่ 1, 2, 3, 4 ขณะที่ช่วงเทรชโฮลด์ต่อ ๆ ไป ค่า β_{ij} แสดงถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ทดสอบจะเลือกรายการคำตอบระหว่างรายการคำตอบที่ 0, 1 กับรายการคำตอบที่ 2, 3, 4 ระหว่างรายการคำตอบที่ 0, 1, 2 กับรายการคำตอบที่ 3, 4 และระหว่างรายการคำตอบที่ 0, 1, 2, 3 กับรายการคำตอบที่ 4 ตามลำดับ (ในโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่มีการตรวจให้คะแนนแบบสองค่าเป็นการคำนวณความน่าจะเป็นที่ผู้ทดสอบจะเลือกคำตอบถูกซึ่งเป็นการเลือกค่าระหว่าง 0 กับ 1) อย่างไรก็ตาม ข้อคำถามที่มีตัวเลือกการคำตอบทั้งหมดมีค่าพารามิเตอร์ความชัน α_i ร่วมกันเพียงค่าเดียว จำนวนค่า β_{ij} ที่ต้องคำนวณ ในแต่ละข้อคำถามอาจมีจำนวนแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับว่า ข้อคำถามนั้นมีตัวเลือกการคำตอบจำนวนเท่าใด โดยจะมีจำนวนค่า β_{ij} ที่ต้องคำนวณ เท่ากับ m_i ซึ่งมีค่าเท่ากับ $K - 1$ (โดย K หมายถึง จำนวนตัวเลือกการคำตอบในแต่ละข้อคำถาม) เมื่อทราบค่า β_{ij} และ α_i แล้วจะสามารถประมาณค่า ($P_{ix}^*(\theta)$) ในแต่ละช่วงเทรชโฮลด์ได้ หลังจากนั้นจึงเริ่มการคำนวณในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งเป็นการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบแต่ละรายการ (โดย $x = 0...4$) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 12

$$P_{ix}(\theta) = P_{ix}^*(\theta) - P_{i(x+1)}^*(\theta) \quad (12)$$

เมื่อ

$P_{i0}^*(\theta)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบระดับต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.0

$P_{i5}^*(\theta)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบระดับสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0

ค่าความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบแต่ละรายการ ในมาตรวัดที่มีตัวเลือก รายการคำตอบ 5 ระดับ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$P_{i0}(\theta) = 1.0 - P_{i1}^*(\theta)$$

$$P_{i1}(\theta) = P_{i1}^*(\theta) - P_{i2}^*(\theta)$$

$$P_{i2}(\theta) = P_{i2}^*(\theta) - P_{i3}^*(\theta)$$

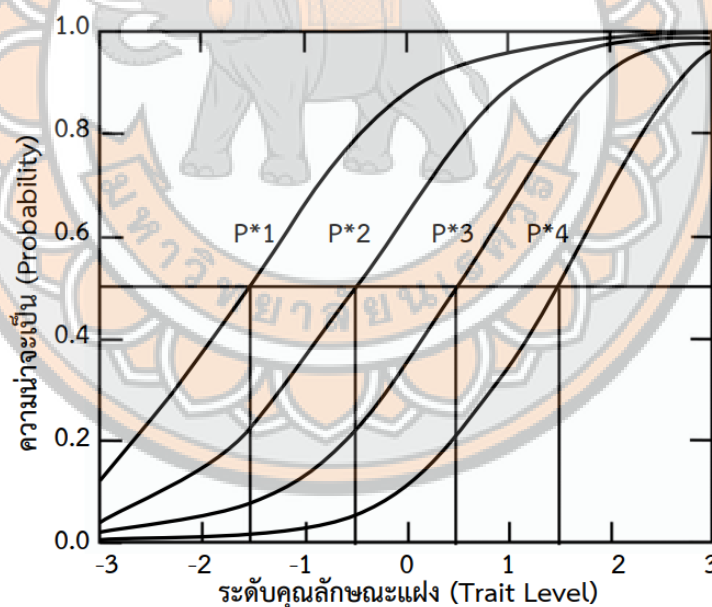
$$P_{i3}(\theta) = P_{i3}^*(\theta) - P_{i4}^*(\theta)$$

$$P_{i4}(\theta) = P_{i4}^*(\theta) - 0$$

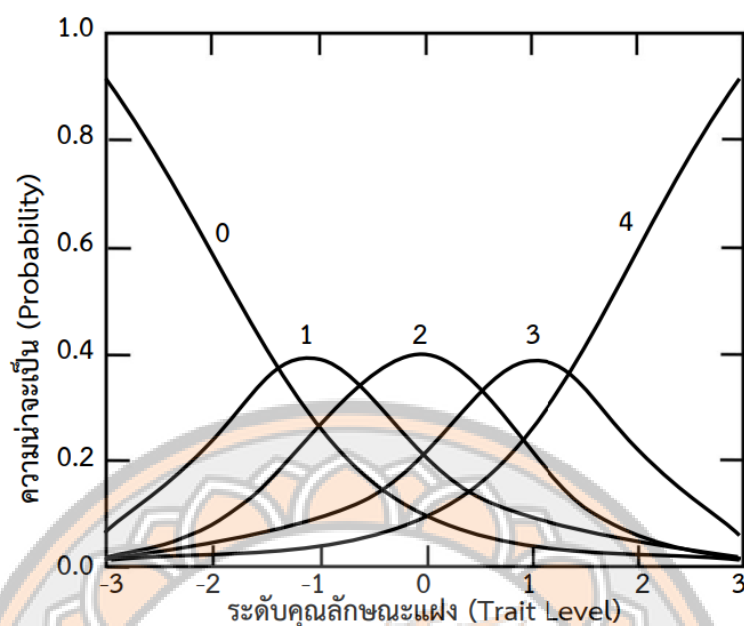
ค่าฟังก์ชันหรือโค้งที่คำนวณได้นี้ เรียกว่า โค้งการเลือกรายการคำตอบ (Category Response Curves: CRC) หรืออาจเป็นที่รู้จักในชื่ออื่น ๆ ได้แก่ Category Boundary Curves, Cumulative Probability Curves, Boundary Characteristic Curves ซึ่งโค้งดังกล่าวนี้แสดงถึงความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบของผู้ทดสอบที่มีระดับคุณลักษณะแฝงแตกต่างกัน โค้งลักษณะปฏิบัติการและโค้งการเลือกรายการคำตอบ แสดงได้ดังภาพที่ 11 และ 12 ตามลำดับ ในภาพที่ 11 แสดงให้เห็นถึงโค้งลักษณะปฏิบัติการของข้อคำถามที่มีตัวเลือกรายการคำตอบ 5 ตัวเลือก ซึ่งมีค่า α_i เท่ากับ 1.5 ค่า β_{i1} - β_{i4} เท่ากับ -1.5, -0.5, 0.5 และ 1.5 ตามลำดับ ซึ่งจากรูปแสดงให้เห็นว่า พารามิเตอร์เทรชโฮลด์ของตัวเลือกรายการคำตอบเป็นสิ่งที่แสดงถึงตำแหน่งของค่าคุณลักษณะแฝงของผู้ทดสอบที่มีความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบในช่วงเทรชโฮลด์ที่สูงกว่า เท่ากับ 0.5 ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ β_{ij} จึงแสดงให้เห็นถึงระดับคุณลักษณะแฝงของผู้ทดสอบในการตอบ x ที่ทำให้ค่าความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบในช่วงเทรชโฮลด์ที่สูงกว่า รายการคำตอบที่ j มีค่าเท่ากับ 0.5 ขณะที่ภาพที่ 12 แสดงโค้งการเลือกรายการคำตอบ ซึ่งโค้งเหล่านี้แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบแต่ละรายการ ($x = 0 \dots 4$) ตามระดับคุณลักษณะแฝงของผู้ทดสอบ จะสังเกตได้ว่า ณ ระดับคุณลักษณะแฝงของผู้ทดสอบตำแหน่งใด

ตำแหน่งหนึ่ง ผลรวมของค่าความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบทุกตัวเลือกการคำตอบ จะมีค่าเท่ากับ 1.0

สิ่งที่กำหนดรูปร่างและตำแหน่งของโค้งการเลือกรายการคำตอบและโค้งลักษณะปฏิบัติการ คือ พารามิเตอร์ข้อสอบที่ได้จากโมเดล GRM โดยปกติ หากพารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าสูง โค้งลักษณะปฏิบัติการจะมีความชันมาก (ภาพ 11) ในขณะที่โค้งการเลือกรายการคำตอบจะมีความโด่งสูง (Peak) และมีช่วงแคบลง (Narrow) (ภาพ 12) ซึ่งลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าตัวเลือกการคำตอบสามารถจำแนกผู้ทดสอบที่มีระดับคุณลักษณะแฝงแตกต่างกันได้ดี นอกจากนั้น พารามิเตอร์เทรชโฮลด์ (β_{ij}) จะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของโค้งลักษณะปฏิบัติการ (ภาพ 12) และระบุตำแหน่งกึ่งกลางซึ่งมีความโด่งสูงสุดของโค้งการเลือกรายการคำตอบด้วย โดยโค้งการเลือกรายการคำตอบนี้จะมีค่าโด่งสูงสุด บริเวณจุดกึ่งกลางระหว่างพารามิเตอร์เทรชโฮลด์สองพารามิเตอร์ที่อยู่ติดกัน (De Ayala, 2009, pp. 217-224; Embretson & Reise, 2000, pp. 97-102)



ภาพ 11 โค้งลักษณะปฏิบัติการของข้อคำถามที่มีตัวเลือกการคำตอบ 5 รายการ



ภาพ 12 ได้การเลือกรายการคำตอบของข้อคำถามที่มีตัวเลือกการตอบ 5 รายการ

ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล GRM นั้น มีนักวิชาการได้เสนอไว้หลายแนวทางหนึ่งในนั้น คือ De Ayala (2009, pp. 223-224) ได้เสนอว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล GRM ควรมีไม่ต่ำกว่า 500 คน เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดล ประเมินความเป็นเอกมิติของคุณลักษณะแฝงที่ต้องการวัดทำให้สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ความชันได้ไม่ยากเกินไป และเพื่อให้มั่นใจได้ว่ามีข้อมูลการตอบของผู้ทดสอบในทุกตัวเลือกการตอบอย่างไรก็ดีกฎเกณฑ์นี้ไม่ใช่กฎตายตัว ในทางปฏิบัติกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมควรพิจารณาจากปัจจัยหลากหลายด้าน เช่น วัตถุประสงค์ในการนำค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้ไปใช้ วิธีการประมาณค่าที่เลือกใช้ ความยาวของมาตรวัด ลักษณะการตอบข้อคำถามของผู้ทดสอบ จำนวนข้อมูลที่ขาดหาย เป็นต้น

Modified Graded Response Model (M-GRM) เป็นโมเดลที่ปรับปรุงมาจากโมเดล GRM โดย Muraki (1990 cited in Embretson & Reise, 2000, pp. 102-105) เหมาะสำหรับวิเคราะห์แบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (Rating Scale) เช่น แบบวัดทัศนคติ ข้อคำถามในมาตรวัดจะต้องมีจำนวนตัวเลือกการตอบเท่ากัน แต่สามารถมีค่าพารามิเตอร์ความชันแตกต่างกันได้ โมเดล M-GRM ใช้วิธีการคำนวณความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบแบบสองขั้นตอนเหมือนในโมเดล GRM อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์เทรชโฮลด์ (β_{ij}) ในโมเดล M-GRM

ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ 1) พารามิเตอร์ตำแหน่ง (Location Parameters: b_i) ของข้อคำถามแต่ละข้อ และ 2) ชูตของพารามิเตอร์เทรชโฮลด์ (Threshold Parameters: C_i) ของมาตรวัดทั้งฉบับ ความแตกต่างระหว่างโมเดล GRM กับโมเดล M-GRM คือ โมเดล GRM จะมีการประมาณค่าชูตของพารามิเตอร์เทรชโฮลด์ (β_{ij}) สำหรับข้อคำถามแต่ละข้อแต่โมเดล M-GRM มีชูตของพารามิเตอร์ เทรชโฮลด์ (C_i) เพียงชุดเดียวที่ใช้กับมาตรวัดทั้งฉบับแต่มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ตำแหน่ง (b_i) หนึ่งค่าสำหรับข้อคำถามแต่ละข้อ โมเดล M-GRM ได้ชื่อว่าเป็นโมเดล GRM แบบจำกัด (Restricted Model) เพราะว่าโมเดลนี้มีจำนวนตัวเลือกรายการคำตอบ (Category Boundaries) ของข้อคำถาม แต่ละข้อเท่ากันตลอดทั้งมาตรวัด ในขณะที่โมเดล GRM นั้น ข้อคำถามแต่ละข้ออาจมีจำนวนตัวเลือก รายการคำตอบของข้อคำถามแต่ละข้อแตกต่างกันได้ ดังนั้น โมเดล M-GRM จึงมีการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ น้อยกว่าโมเดล GRM จุดเด่นของโมเดล M-GRM เมื่อเปรียบเทียบกับโมเดล GRM คือ มีพารามิเตอร์ตำแหน่งแยกออกมาจากชูตของพารามิเตอร์เทรชโฮลด์ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อคำถามด้วย ถ้ามาตรวัดมีรูปแบบข้อคำถามหลากหลายแบบอยู่ใน มาตรวัดฉบับเดียวกัน โมเดล GRM จะมีความเหมาะสมมากกว่าโมเดล M-GRM เพราะในกรณีดังกล่าวโมเดล M-GRM จะต้องแบ่งมาตรวัดออกเป็นบล็อกต่าง ๆ (Block) ตามรูปแบบของข้อคำถาม จากนั้นจึงคำนวณพารามิเตอร์ตำแหน่งและพารามิเตอร์เทรชโฮลด์ในแต่ละบล็อก ซึ่งค่าพารามิเตอร์ ในแต่ละบล็อกจะไม่สามารถเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์ในบล็อกอื่น ๆ การเปรียบเทียบต้องใช้ วิธีการที่ซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้น การประมาณค่าพารามิเตอร์ในมาตรวัดที่มีรูปแบบข้อคำถามที่หลากหลายจึงทำได้ยากเมื่อใช้โมเดล M-GRM แต่หากมาตรวัดมีรูปแบบของข้อคำถามแบบเดียวกัน ทั้งฉบับ โมเดล M-GRM จะมีความง่ายและเหมาะสมมากกว่าโมเดล GRM ซึ่งพารามิเตอร์ตำแหน่ง (Location Parameters: b_i) สามารถใช้เพื่อบอกระดับความยาก (Difficulty) หรือค่าของมาตรวัด (Scale Value) ได้ทันทีขณะที่ชูตของพารามิเตอร์เทรชโฮลด์ (Threshold Parameters: C_i) สามารถแสดงถึงระยะห่างของมาตรวัดทางจิตวิทยา การใช้พารามิเตอร์ที่ได้จากโมเดล M-GRM ทั้งสองนี้ร่วมกัน คุณสมบัติทางการวัดดังกล่าวจะคล้ายคลึงกับวิธีการวัดของเทอร์สตัน

Partial Credit Model (PCM) เป็นโมเดลที่ถูกออกแบบมาสำหรับวิเคราะห์ข้อคำถามที่มีหลายขั้นตอนโดยมีการให้คะแนนสำหรับแต่ละขั้นตอนที่ผู้ทดสอบทำได้ ซึ่งพบได้บ่อยในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่น โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นต้นนอกจากนั้นโมเดล PCM ยังเหมาะสำหรับวิเคราะห์มาตรวัดเจตคติ หรือมาตรวัดบุคลิกภาพที่มีการประเมินความเชื่อหรือการตอบสนองต่อข้อความโดยมีการให้คะแนนแบบหลายค่าด้วย โมเดล PCM จะแตกต่างจากโมเดล GRM และ M-GRM เพราะเป็นโมเดลแบบทางตรง (Direct Model) โมเดลนี้เป็นโมเดล

ที่มีการขยาย ต่อมาจากโมเดลโลจิสแบบหนึ่งพารามิเตอร์ (1PL Model) จึงมีคุณลักษณะมาตรฐานต่าง ๆ เช่นเดียวกับ Rasch Model เช่น การแยกจากกันของค่าพารามิเตอร์ข้อสอบกับค่าพารามิเตอร์บุคคล ในโมเดล PCM นั้นข้อคำถามแต่ละข้อในมาตรวัดจะมีความชันเท่ากัน ดังนั้น พารามิเตอร์ความชันจึง ไม่ปรากฏอยู่ในโมเดลนี้ คงเหลือเพียงพารามิเตอร์ความยากแบบลำดับขั้น (Step Difficulty: δ_{ij}) ที่ใช้อธิบายระดับความยากของการผ่านจากขั้นตอนหนึ่งไปสู่อีกขั้นตอนหนึ่ง หรือจากตัวเลือกรายการ คำตอบหนึ่งสู่อีกตัวเลือกหนึ่ง นอกจากนี้ ค่านี้ยังบ่งบอกถึงระดับคุณลักษณะแฝงบริเวณที่โค้ง การเลือกรายการคำตอบ 2 รายการตัดกัน บางครั้งจึงนิยมเรียกว่า พารามิเตอร์จุดตัดรายการคำตอบ (Category Intersections Parameter) โดยข้อคำถามที่มีตัวเลือก รายการคำตอบ 5 รายการ จะมีพารามิเตอร์ความยากแบบลำดับขั้น 4 ค่า จุดเด่นของโมเดลนี้คือ สามารถใช้คะแนนดิบรวมของ มาตรวัดเพื่อประมาณค่าระดับคุณลักษณะแฝงได้ ดังนั้น บุคคลที่มีคะแนนดิบรวมของมาตรวัดเท่ากัน จึงมีระดับคุณลักษณะแฝงเท่ากัน อย่างไรก็ตาม โมเดลนี้ นำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ยาก เพราะใน การประมาณค่าพารามิเตอร์อาจพบปัญหาว่าบริเวณจุดตัดโค้ง การเลือกรายการคำตอบไม่ได้ เรียงลำดับจากง่ายไปยาก หรือจากระดับคุณลักษณะแฝงต่ำไปสูง ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการผกผัน (Reversal) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีตัวเลือกรายการคำตอบ อย่างน้อยหนึ่งรายการที่เป็น ตัวเลือกซึ่งไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะแฝงที่ต้องการวัด หรือข้อมูล ที่เก็บรวบรวมได้ไม่สอดคล้องกับ โมเดล (Embretson & Reise, 2000, pp. 105-110)

Generalized Partial Credit Model (G-PCM) เป็นโมเดลที่ปรับปรุงเพิ่มเติมจากโมเดล PCM โดย Muraki (1992; 1993 cited in Embretson & Reise, 2000, pp. 110-115) ซึ่งกำหนดให้ข้อคำถามแต่ละข้อในมาตรวัดมีพารามิเตอร์ความชัน (α_i) แตกต่างกันได้ โดยพารามิเตอร์ ความชันในโมเดล G-PCM เป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับการตอบสนองต่อตัวเลือก รายการคำตอบที่ แตกต่างกันไปในแต่ละข้อคำถาม ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับคุณลักษณะแฝง หรือระดับความสามารถ (θ) ที่ เปลี่ยนแปลงไป ในโมเดล G-PCM นี้ หากข้อคำถามใดมีค่าพารามิเตอร์ความชันน้อยกว่า 1.0 โค้ง การเลือกรายการคำตอบ (Category Response Curves) ที่ได้จะมีลักษณะแบนราบคล้ายในโมเดล PCM แต่หากค่าพารามิเตอร์ความชันมีค่ามากกว่า 1.0 โค้งการเลือกรายการ คำตอบในโมเดล G-PCM จะมีลักษณะโด่งมากกว่าโค้งการเลือกรายการคำตอบที่พบในโมเดล PCM อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์ จุดตัดรายการคำตอบ (δ_{ij}) ในโมเดล G-PCM มีความหมายเช่นเดียวกับโมเดล PCM

Rating Scale Model (RSM) เป็นกลุ่มของโมเดลที่มีหลากหลายรูปแบบและอาจก่อให้เกิดความสับสนได้ เพราะมีลักษณะคล้ายคลึงกับโมเดลอื่น ๆ เช่น โมเดล PCM อย่างไรก็ตาม โมเดล RSM ตามแนวคิดของ Andrich (1978 cited in Embretson & Reise, 2000, pp. 115-

118) มีความแตกต่างที่สำคัญ คือ ข้อคำถามในมาตรวัดซึ่งมีรูปแบบการตอบแบบเดียวกันนั้น ข้อคำถามแต่ละข้อจะมีพารามิเตอร์ตำแหน่ง (Location Parameter: λ_i) เพียงค่าเดียว ซึ่งแสดงถึงความยากหรือง่ายของข้อคำถามนั้น ๆ ขณะที่พารามิเตอร์จุดตัดรายการคำตอบ (Category Intersections Parameter: δ_i) ใช้อธิบายช่วงเทรซโฮลด์ของแต่ละรายการคำตอบ (Category Threshold) ซึ่งมี J ช่วง ($J = K - 1$ โดย K คือ จำนวนตัวเลือกรายการคำตอบ) โมเดล PCM กับโมเดล RSM แตกต่างกันที่โมเดล PCM ไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับระดับความยากง่ายของแต่ละรายการคำตอบ (แต่ละขั้นตอน หรือแต่ละจุดตัดรายการคำตอบ) ในข้อคำถามนั้น ๆ ดังนั้น ข้อคำถามแต่ละข้อจึงมีระดับความยากของแต่ละขั้นตอน (Difficulties of the Steps) แตกต่างกันได้ ในขณะที่โมเดล RSM จะมีชุดของพารามิเตอร์จุดตัดรายการคำตอบเพียงชุดเดียวที่ใช้ตลอดทั้งมาตรวัด ยกตัวอย่างเช่น ข้อคำถามทางคณิตศาสตร์ที่ผู้ทดสอบต้องแก้โจทย์ปัญหาหลายขั้นตอน ขั้นตอนต่าง ๆ ภายในข้อคำถาม หรือระหว่างข้อคำถามอาจมีความยากง่ายต่างกันได้ บางขั้นตอนอาจง่าย ในขณะที่บางขั้นตอนอาจยาก อย่างไรก็ตามมาตรวัดเจตคติซึ่งส่วนใหญ่ทุกข้อมีการตอบข้อคำถามรูปแบบเดียวกัน เช่น 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วย 2 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง และ 3 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง จะสังเกตได้ว่าในมาตรวัดนั้น ๆ ข้อคำถามแต่ละข้อมีระดับความยากง่ายหรือช่วงของแต่ละรายการ คำตอบไม่แตกต่างกัน ความยากง่ายในแต่ละขั้นตอน (Step Difficulties หรือ Intersections) ซึ่งพบ ในโมเดล PCM สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน ในโมเดล RSM ได้แก่ พารามิเตอร์ตำแหน่งคุณลักษณะ แผงที่ต้องการวัดของข้อคำถาม (Location Parameter: λ_i) และ พารามิเตอร์จุดตัดรายการคำตอบ (Category Intersection Parameters: δ_i) ซึ่ง δ_{ij} มีค่าเท่ากับ $\delta_i + \lambda_i$ โมเดล RSM เหมาะกับข้อ คำถามที่มีการกำหนดช่วงรายการคำตอบแบบคงที่ซึ่งใช้กับข้อคำถามทุกข้อเหมือนกันหมดตลอด มาตรวัด แต่ไม่เหมาะกับมาตรวัดที่มีลักษณะการตอบข้อคำถามที่หลากหลาย

Nominal Response Model (NRM) พัฒนาโดย Bock (1972 cite in Embretson & Reise, 2000, pp. 119-122) ซึ่งเป็นโมเดลสำหรับใช้วิเคราะห์ข้อสอบหรือข้อคำถามที่รายการคำตอบไม่ได้ถูกจัดเรียงลำดับ ได้แก่ ข้อสอบแบบหลายตัวเลือก (Multiple Choices) ข้อคำถามที่ใช้วัดเจตคติ ข้อคำถามสำหรับประเมินบุคลิกลักษณะ ความตั้งใจเริ่มแรกในการพัฒนาโมเดลนี้เกิดขึ้นเพื่อให้สามารถศึกษาคุณลักษณะของตัวलगซึ่งเป็นตัวเลือกหนึ่งในข้อสอบแบบหลายตัวเลือกด้วยเส้น ร่องรอย (Trace Line) การคำนวณความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบคำนวณได้จากพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ พารามิเตอร์ความชัน (Slope Parameter: α_{ix}) ซึ่ง แสดงถึงความชันของเส้นร่องรอยหรือค่าอำนาจจำแนก และพารามิเตอร์จุดตัดรายการคำตอบ (Intercept Parameter: c_{ix})

โมเดลการตอบสนองข้อสอบที่มีการตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า ที่เป็นที่รู้จักส่วนใหญ่พัฒนามาจากโมเดลโลจิสแบบหนึ่งพารามิเตอร์ หรือโมเดลโลจิสแบบสองพารามิเตอร์ คำศัพท์ที่ใช้ในการอธิบายรายละเอียดเฉพาะของโมเดลจึงมีชื่อเรียกแตกต่างกัน แต่พอที่จะนำมาเทียบเคียงกันเพื่อให้สามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างการเทียบเคียงรายละเอียดเฉพาะของ Two-Parameter Logistic Model (2PL) ซึ่งเป็นโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบที่มีการตรวจให้ คะแนนสองค่ากับ Graded Response Model (GRM) และ Generalized Partial Credit Model (G-PCM) ซึ่งเป็นโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่มีการตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า

การเลือกใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบ (Embretson & Reise, 2000, pp. 123-124; Edelen & Reeve, 2007; De Ayala, 2009, pp. 162-236; Thomas, 2011) มี ประเด็นที่ ต้องพิจารณา 2 ประเด็นดังนี้

1. การเลือกโมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูล

1.1 พิจารณาจากรูปแบบการตรวจให้คะแนน

มาตรวัดที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้นมีหลายรูปแบบ แต่สามารถจัดกลุ่มตามการตรวจให้คะแนนได้ 2 ประเภท คือ

1.1.1 มาตรวัดที่มีการตรวจให้คะแนนแบบ 2 ค่า (Dichotomous Item Response Theory) ให้คะแนนเป็น 0 และ 1 มาตรวัดลักษณะนี้สามารถเลือกใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบได้หลายรูปแบบแต่ที่นิยมมาก คือ One-Parameter Logistic Model, Two-Parameter Logistic Model และ Three-Parameter Logistic Model

1.1.2 มาตรวัดที่มีการตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polytomous Item Response Theory) เช่น มาตรประมาณค่าที่มีการตรวจให้คะแนนตั้งแต่ 0 ถึง 4 โมเดลที่นิยมในกลุ่มนี้ ได้แก่ Graded Response Model (GRM), Modified Graded-Response Model (MGRM), Partial Credit Model (PCM), (RSM), Generalized-Partial Credit Model (G-PCM), Rating Scale Model และ Nominal Response Model (NRM)

1.2 พิจารณาจากค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก โอกาสการเดาข้อสอบ และลักษณะการเรียงลำดับของตัวเลือกในแต่ละข้อคำถาม ซึ่งแบ่งโมเดลได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1.2.1 โมเดลกลุ่มราสช์ (Rasch Family) เป็นโมเดลในกลุ่มที่มีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก หรือความชันของข้อคำถามแต่ละข้อเท่ากัน ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลทำได้สะดวก แต่ในสถานการณ์จริงเป็นการยากมากที่ข้อคำถามของมาตรวัดนั้นจะมีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อคำถามแต่ละข้อเท่ากัน

1.2.2 โมเดลกลุ่มนั้ราสช์ (Non-Rasch Family) เป็นโมเดลในกลุ่มที่มีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก หรือความชันของข้อคำถามแต่ละข้อในมาตรวัดแตกต่างกันนอกจากนี้อาจพิจารณาว่ามาตรวัดนั้นมีพารามิเตอร์การเดาหรือไม่ พารามิเตอร์นี้แสดงถึง ความน่าจะเป็นที่ผู้ทดสอบสามารถตอบข้อคำถามถูก โดยไม่ได้ใช้ความสามารถ หรือคุณลักษณะแฝงที่มุ่งวัดใด ๆ เลย แต่เกิดจากความบังเอิญเท่านั้นมาตรวัดที่มีการให้คะแนนมากกว่าสองค่า สามารถพิจารณาเลือกใช้โมเดลการตอบสนอง ข้อสอบ ตามลักษณะของการตอบข้อคำถาม หากมาตรวัดมีตัวเลือกคำตอบที่หลากหลาย แต่ไม่ได้มีการเรียงลำดับตัวเลือก ก็เหมาะที่จะใช้ Nominal Model ขณะที่บริบทของการประเมินด้านสุขภาพ ส่วนใหญ่มาตรวัดมีลักษณะการตอบข้อคำถามแบบเรียงลำดับจากมากไปน้อย ลักษณะเช่นนี้เหมาะกับโมเดล Generalized-Partial Credit Model (GPCM) และ โมเดล Graded Response Model (GRM) โดยโมเดลทั้งสองนี้มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย การเลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับความพึงพอใจ และความคุ้นเคยกับโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย

1.3 พิจารณาจากกราฟข้อคำถาม (Item plots)

โปรแกรม TestGraf สามารถที่จะสร้าง Non-Parametric ICC Plots เพื่อใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถาม กับคุณลักษณะแฝงที่มุ่งวัดได้ ซึ่งสามารถให้ข้อมูลที่จะช่วยในการพิจารณาเลือกโมเดลที่เหมาะสมด้วย

2. การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล

วิธีการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างโมเดลการตอบสนองข้อสอบกับข้อมูลว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้นั้น มีความสอดคล้องกับโมเดลการตอบสนองข้อสอบมากน้อยเพียงใดสามารถทำได้หลากหลายวิธี การพิจารณาความสอดคล้องควรพิจารณาใน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับข้อคำถาม ระดับบุคคล และระดับโมเดล อย่างไรก็ตาม ไม่มีวิธีการใดที่สามารถตัดสินได้อย่างเด็ดขาดว่าโมเดลกับข้อมูล ที่เก็บรวบรวมได้มีความสอดคล้อง หรือไม่สอดคล้อง ดังนั้น จึงควรใช้วิธีการตรวจสอบที่หลากหลาย และพิจารณาอย่างรอบคอบ ก่อนตัดสินใจเลือกโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด (Embretson & Reise, 2000, pp. 233-244; Edelen & Reeve, 2007)

2.1 ความสอดคล้องในระดับข้อคำถาม (Item Fit) การออกแบบมาตรวัดโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ช่วยให้เราสามารถออกแบบมาตรวัดให้มีรูปแบบการตอบข้อคำถามเป็นแบบเดียวกันตลอดทั้งมาตรวัด หรือ ออกแบบให้ภายในมาตรวัดเดียวกัน มีรูปแบบการตอบข้อคำถามที่หลากหลายและแตกต่างกันก็ได้ เนื่องจากการวิเคราะห์และการเลือกใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบ สามารถพิจารณาเป็นรายข้อ โดยดูความเหมาะสมของโมเดล

กับข้อคำถามแต่ละข้อหรือมาตรวัดโดยรวมก็ได้ การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลในระดับข้อคำถาม มีสองแนวทางหลัก ได้แก่ 1) การพิจารณาจากกราฟ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบโค้งการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Curve: IRC) ที่ประมาณค่าได้ กับ โค้งการตอบสนองข้อสอบที่ได้จากข้อมูลจริง (Empirical IRC) และ 2) การใช้สถิติตรวจสอบความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ได้จากการประมาณค่าและข้อมูลจริงว่าแตกต่างกันเกินระดับที่ยอมรับได้หรือไม่

2.2 ความสอดคล้องในระดับบุคคล (Person Fit) เป็นการใช่วิธีการทางสถิติเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการตอบสนองข้อสอบ ว่าสามารถอธิบายคุณลักษณะแฝงที่ระดับต่าง ๆ ได้ดีเพียงใด เพราะบางครั้งโมเดลการตอบสนองข้อสอบก็อาจไม่สามารถทำนายคุณลักษณะ แฝงของบางคนได้ หลักการตรวจสอบในระดับบุคคลเป็นการประเมินความคงที่ (Consistency) ของ ลักษณะรูปแบบ (Pattern) การตอบข้อคำถามของผู้ทดสอบ

2.3 ความสอดคล้องในระดับโมเดล (Model Fit) ดำเนินการโดยเปรียบเทียบความสอดคล้องของชุดข้อมูล กับโมเดลที่เป็นไปได้หลากหลายรูปแบบ เช่น เปรียบเทียบว่าชุดของข้อมูลนั้น มีความเหมาะสมกับโมเดลสองพารามิเตอร์ หรือโมเดลสามพารามิเตอร์มากกว่ากัน ประเด็นสำคัญอีกประเด็นหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อคำถามตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ในความเป็นจริงแล้วไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนว่า การประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบมาใช้ในการสร้างมาตรวัดนั้น จะต้องใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างมากน้อยเพียงใด แต่มีแนวทางในการพิจารณาขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม ดังนี้

1. ขนาดของกลุ่มตัวอย่างควรเพิ่มขึ้นเมื่อโมเดลมีความซับซ้อนมากขึ้น
2. การประมาณค่าพารามิเตอร์จะมีความคลาดเคลื่อนลดลง เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น
3. กลุ่มตัวอย่างควรมีขนาดใหญ่เพียงพอที่ทำให้ข้อมูลมีการกระจาย อย่างน้อยที่สุดควรมี ข้อมูลการตอบข้อคำถามในทุกตัวเลือกการคำตอบของมาตรวัดนั้น

ประเด็นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

1. ความเที่ยง (Reliability) สารสนเทศทางการวัด (Psychometric Information) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการ รมาค่า (Standard Error of Estimation)

แนวคิดเรื่องสารสนเทศทางการวัด (Psychometric Information) เป็นแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งพบได้ทั้งในข้อคำถามที่มีรูปแบบการตอบแบบที่มีการตรวจให้คะแนนสองค่า (Binary Item-Response Format) และข้อคำถามที่มีรูปแบบการตอบแบบที่มีการตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polytomous Item-Response Format) โค้งลักษณะข้อสอบ

(Item Characteristic Curve: ICC) หรือโค้งการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Curve: IRC) ซึ่งพบในโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่มีการตรวจให้คะแนนสองค่า (Dichotomous IRT Model) และโค้งการเลือกรายการคำตอบ (Category Response Curve: CRC) ซึ่งพบในโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่มีการตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polytomous IRT Model) ล้วน สามารถนำมาแปลงเป็นโค้งหรือฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถาม (Item Information Curve: IIC) ได้ โดยโค้งสารสนเทศของข้อสอบนี้ แสดงถึงข้อมูลทางการวัด (Psychometric Information) ของข้อคำถามตลอดช่วงคุณลักษณะแฝงที่มุ่งวัด (Latent-Trait Continuum) โดยข้อคำถามที่มีรูปแบบการตอบแบบที่มีการตรวจให้คะแนนสองค่าสามารถคำนวณฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถามได้ ดังสมการที่ 13

$$I(\theta) = \frac{P_i^*(\theta)^2}{P_i(\theta)(1-P_i(\theta))} \quad (13)$$

โดย

$P_i(\theta)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขของข้อคำถาม ซึ่งหมายถึง โค้งการตอบสนองข้อสอบ (IRC) ซึ่งได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ตามโมเดลการตอบสนองข้อสอบ

$P_i^*(\theta)$ หมายถึง อนุพันธ์ลำดับที่ 1 (First Derivative) ของโค้งการตอบสนองข้อสอบ ณ ตำแหน่งคุณลักษณะแฝงที่เฉพาะเจาะจง

ในกรณีที่ เป็นโมเดลโลจิสแบบ 3 พารามิเตอร์ (3PL Model) สามารถเขียนสมการที่ 13 ใหม่เพื่อให้ชัดเจนขึ้นสำหรับการนำไปคำนวณได้ ดังสมการที่ 14

$$I(\theta) = \left[\alpha_i^2 \frac{1-P_i(\theta)}{P_i(\theta)} \right] \left[\frac{(P_i(\theta)-c_i)^2}{(1-c_i)^2} \right] \quad (14)$$

ในกรณีที่ เป็นโมเดลโลจิสแบบ 2 พารามิเตอร์ (2PL Model) สามารถเขียนสมการที่ 14 ให้ง่ายขึ้นได้ดังสมการที่ 15

$$I(\theta) = \alpha_i^2 P_i(\theta)(1-P_i(\theta)) \quad (15)$$

และในกรณีที่เป็นโมเดลโลจิสแบบ 1 พารามิเตอร์ (1PL Model) สามารถเขียนสมการที่ 15 ให้ง่ายขึ้นได้ดังสมการที่ 16

$$I(\theta) = P_i(\theta)(1 - P_i(\theta)) \quad (16)$$

สมการเหล่านี้กำหนดค่า $D = 1.7$ ซึ่งได้รวมอยู่ในพจน์เดียวกับพารามิเตอร์อำนาจจำแนกแล้ว การนำสมการเหล่านี้ไปใช้มีกฎเกณฑ์บางประการ ได้แก่ 1) ในโมเดล 1PL และ 2PL นั้น ฟังก์ชันสารสนเทศจะมีค่าสูงที่สุดบริเวณตำแหน่งพารามิเตอร์ความยาก (Difficulty Parameter) ส่งผลให้ข้อคำถามใดที่มีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้ทดสอบ ข้อคำถามนั้นจะมีสารสนเทศสูง ที่สุด ในขณะที่โมเดล 3PL ค่าสารสนเทศสูงสุดจะอยู่บริเวณช่วงที่ต่ำกว่าค่าพารามิเตอร์ความยาก เล็กน้อย กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ พารามิเตอร์การเดาทำให้สารสนเทศของข้อสอบมีค่าต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งทำให้ข้อคำถามในโมเดล 1PL และ 2PL มีสารสนเทศสูงกว่าข้อคำถามในโมเดล 3PL และ 2) ค่าสารสนเทศของข้อคำถามขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์อำนาจจำแนก (Discrimination Parameter) โดยข้อคำถามที่มีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกสูง จะแสดงให้เห็นถึงสารสนเทศทางการวัดบริเวณพารามิเตอร์ความยากที่สูงด้วย ข้อคำถามที่มีพารามิเตอร์อำนาจจำแนกสูง โค้งจะมีลักษณะโด่งมาก (Peak) ทำให้ข้อคำถามนั้น มีค่าฟังก์ชันสารสนเทศมากแต่ครอบคลุมค่าคุณลักษณะแฝงในช่วงแคบ ในขณะที่โค้งที่มีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกต่ำโค้งจะมีลักษณะราบเรียบ (Flat) ทำให้ข้อคำถามมีฟังก์ชันสารสนเทศต่ำแต่ครอบคลุมค่าคุณลักษณะแฝงในช่วงกว้างลักษณะสำคัญประการหนึ่งของฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถาม คือ หากข้อสอบหรือข้อคำถามวัดคุณลักษณะแฝงเดียวกัน โค้งเหล่านี้สามารถนำมารวมกันและคำนวณได้ว่า ข้อคำถามทั้งหมดที่นำมารวมกัน ให้ข้อมูลสารสนเทศทั้งหมดมากน้อยเพียงใด โดยคำนวณได้จากสมการที่ 17

$$TI(\theta) = \sum_{i=1}^I I(\theta) \quad (17)$$

ข้อมูลสารสนเทศที่คำนวณได้จากสมการที่ 17 เรียกว่า ฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัด (Test Information Function) ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้พิจารณาได้ว่ามาตรวัด หรือแบบทดสอบมีคุณภาพมากน้อยเพียงใด เนื่องจากฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (Standard Error of Measurement) แสดงได้ดังสมการที่ 18

$$SE(\theta) = \frac{1}{\sqrt{\pi(\theta)}} \quad (18)$$

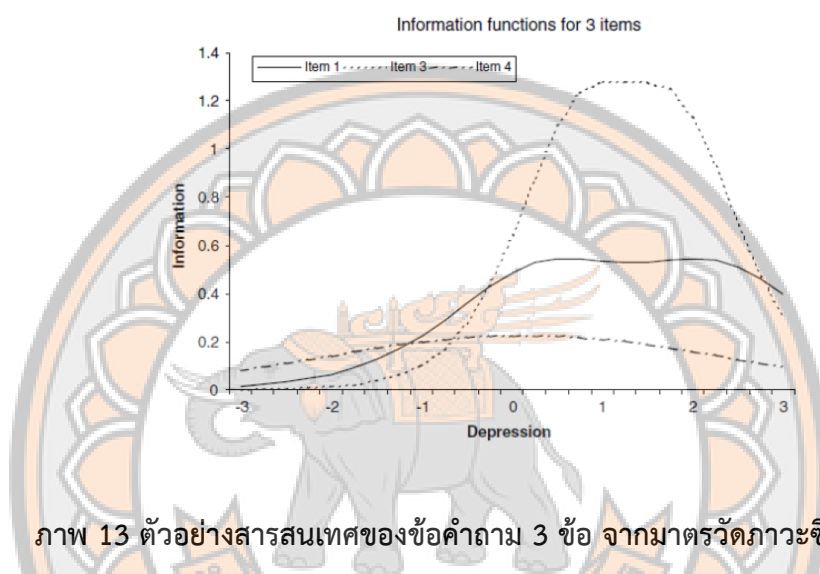
ดังนั้น เมื่อทราบค่าฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัดก็ทำให้ทราบว่ามาตรวัดหรือแบบทดสอบนั้นสามารถวัดคุณลักษณะแฝงของบุคคลได้แม่นยำ (Precision) เพียงใด ความแม่นยำในที่นี้เทียบได้กับความเที่ยง (Reliability) ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัดตามแนวคิดของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบมีความเป็นอิสระจากกลุ่มผู้ทดสอบ ผู้ทดสอบที่มีระดับคุณลักษณะแฝงแตกต่างกัน เมื่อวัดด้วยแบบทดสอบหรือมาตรวัดเดียวกันจะได้ค่าฟังก์ชัน สารสนเทศของมาตรวัดที่แตกต่างกันด้วย (ยกเว้นกรณีที่ฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัดมีลักษณะราบเรียบ) ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัดจึงมีหลายค่าและค่าเหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามระดับคุณลักษณะแฝงของผู้ทดสอบ แนวคิดนี้แตกต่างจากแนวคิดของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมที่มีค่าความเที่ยงเพียงค่าเดียว ซึ่งอธิบายได้ว่าไม่ว่าผู้ทดสอบมีระดับคุณลักษณะแฝงสูงต่ำเพียงใด มาตรวัดหรือแบบทดสอบก็สามารถประมาณค่าคุณลักษณะแฝงนั้นได้แม่นยำไม่แตกต่างกัน ทั้งที่ในสถานการณ์ จริงปรากฏว่า มาตรวัดและแบบทดสอบส่วนใหญ่เมื่อวัดคุณลักษณะแฝงของบุคคลที่อยู่ในระดับสูง หรือต่ำมาก จะมีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดสูงกว่าการวัดคุณลักษณะแฝงของบุคคลที่อยู่ในระดับ ปานกลาง มาตรวัดที่พัฒนาขึ้นส่วนใหญ่จึงไม่สามารถวัดบุคคลที่มีคุณลักษณะแฝงแตกต่างกันได้ เที่ยงตรงเท่ากัน เพราะมาตรวัดจะมีความเที่ยงสูงเมื่อนำไปวัดคุณลักษณะแฝงของบุคคลที่ระดับใด ระดับหนึ่ง และมีความเที่ยงลดลงเมื่อนำไปวัดคุณลักษณะแฝงของบุคคลที่อยู่ในระดับอื่น (Embretson & Reise, 2000, pp. 183-186; Reynolds & Livingston, 2012, pp. 236-242)

แนวคิดเกี่ยวฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถามและฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัดสามารถนำไปใช้กับข้อคำถามที่มีรูปแบบการตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polytomous Response Format) โดยฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถามแต่ละข้อจะได้มาจากผลรวมของโค้งการเลือกรายการคำตอบ (Category Response Curves: CRC) ในข้อคำถามนั้น และเมื่อรวมฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถามเหล่านี้เข้าด้วยกันก็จะได้ฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัด ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถาม สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 19

$$I_i(\theta) = \sum_{x=0}^m \frac{P_{ix}^*(\theta)^2}{P_{ix}(\theta)} \quad (19)$$

สมการที่ 19 เป็นสมการทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถามในข้อคำถามที่มีรูปแบบการตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า อย่างไรก็ตามก็ติรายละเอียดของการคำนวณค่อนข้างซับซ้อนและมีความแตกต่างกันไปตามโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่เลือกใช้ (Embretson & Reise, 2000, pp. 183-186)

ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถาม (Item Information Function) แสดงได้ดังภาพ 13



ภาพ 13 ตัวอย่างสารสนเทศของข้อคำถาม 3 ข้อ จากมาตรวัดภาวะซึมเศร้า

จากภาพ 13 แสดงให้เห็นว่า ข้อคำถามแต่ละข้อให้ข้อมูลสารสนเทศที่ต่างกัน ซึ่งในภาพรวมจะสังเกตได้ว่าคำถามข้อที่ 3 สามารถให้ข้อมูลสารสนเทศสูงที่สุด หากผู้ทดสอบมีภาวะซึมเศร้าในระดับปานกลางถึงรุนแรง อย่างไรก็ตาม แม้ข้อคำถามอีกสองข้อจะให้ข้อมูลสารสนเทศของภาวะซึมเศร้าในระดับปานกลางถึงรุนแรงได้ต่ำกว่า แต่เมื่อต้องการวัดภาวะซึมเศร้าในระดับที่มีอาการน้อยหรือไม่รุนแรง จะเห็นได้ว่าคำถามข้อที่ 1 และข้อที่ 4 สามารถวัดภาวะซึมเศร้าในระดับดังกล่าว ได้ดีกว่าคำถามข้อที่ 3 (Edelen & Reeve, 2007)

ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถามและฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัดมีประโยชน์หลายประการ เช่น ในการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันสารสนเทศจะช่วยให้ตัดสินใจ ได้ว่าข้อคำถามใดที่มีความเหมาะสมกับคุณลักษณะแฝงของบุคคล (Embretson & Reise, 2000, pp. 185) นอกจากนี้ ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถามเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนามาตรวัดหรือแบบทดสอบ เพราะใช้ในการคัดเลือกข้อคำถามที่เหมาะสม มาตรวัดทางด้านจิตวิทยาส่วนใหญ่ มักประกอบด้วยข้อคำถามจำนวนมาก การพิจารณาฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถามที่ได้จากข้อคำถาม แต่ละข้อจะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถคัดเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีความเหมาะสม

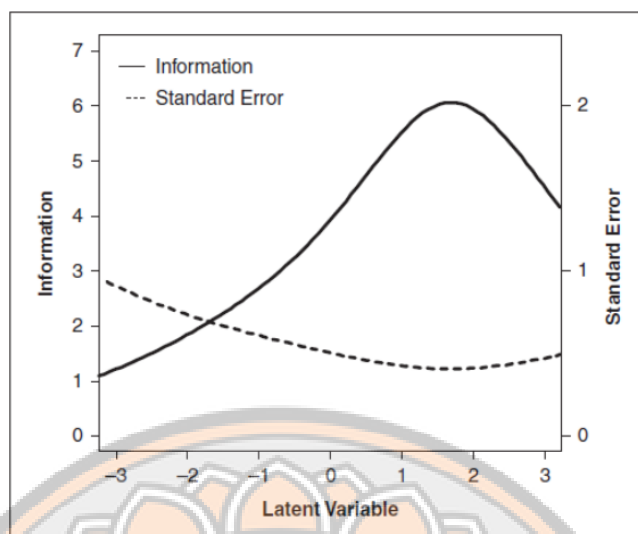
กับสิ่งที่ผู้วิจัยมุ่งวัดทำให้ข้อคำถามในมาตรวัดมีจำนวนลดลง แต่มีประสิทธิภาพในการวัดไม่แตกต่างจากมาตรวัดที่มีข้อคำถามจำนวนมาก การคัดเลือกข้อคำถามอาจพิจารณาจากกลุ่มเป้าหมายของมาตรวัด เช่น นักวิจัยที่ต้องการศึกษากลุ่มผู้ป่วยที่มีภาวะซึมเศร้าในระดับรุนแรงอาจเลือกข้อคำถามที่มีฟังก์ชันสารสนเทศ ของข้อคำถามสูงในระดับคุณลักษณะแฝงที่มีค่าสูง (ภาวะซึมเศร้าในระดับรุนแรง) ในขณะที่ข้อคำถาม ซึ่งมีฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถามสูงในระดับคุณลักษณะแฝงที่มีค่าต่ำ (ภาวะซึมเศร้าในระดับไม่รุนแรง) อาจไม่จำเป็นต้องนำไปใช้ในกรณีนี้ (Cohen, Swerdlik, & Sturman, 2013)

นอกจากนี้ ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อคำถามยังเปรียบเสมือนสัญญาณเตือนที่ช่วยให้สามารถพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพของข้อคำถาม ข้อคำถามบางข้ออาจให้สารสนเทศของข้อมูลต่ำ และไม่สามารถจำแนกกลุ่มคนที่มีความแตกต่างได้ ในกรณีนี้ ผู้วิจัยควรตั้งข้อสังเกต และ พิจารณาในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- 1) เนื้อหาของข้อคำถามตรงตามโครงสร้างที่ต้องการวัดหรือไม่
- 2) ถ้อยคำที่ใช้ในการเขียนข้อคำถาม สื่อความหมายได้ชัดเจนหรือไม่
- 3) ข้อคำถามมีความซับซ้อนและไม่เหมาะสมกับระดับการศึกษาของผู้ทดสอบหรือไม่
- 4) การจัดวางลำดับของข้อคำถาม ทำให้สูญเสียบริบทที่สื่อความหมายหรือไม่
- 5) ปัจจัยทางด้านวัฒนธรรม ส่งผลให้ความสามารถในการจำแนกกลุ่มคนของข้อคำถาม

ต่ำกว่าที่ควรหรือไม่

ฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัดมีประโยชน์ในการนำไปใช้ เพื่อคัดเลือกมาตรวัดที่วัดคุณลักษณะแฝงเดียวกัน โดยพิจารณาว่า มาตรวัดใดให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัด ที่เหมาะกับกลุ่มเป้าหมายของการวัดมากกว่า (Embretson & Reise, 2000, p. 185) ฟังก์ชันสารสนเทศของมาตรวัด แสดงได้ดังภาพ 14 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า มาตรวัดนี้เหมาะกับกลุ่มเป้าหมายที่มีระดับความสามารถ (ระดับคุณลักษณะแฝง) อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง แต่ไม่เหมาะกับกลุ่มเป้าหมายที่มีระดับความสามารถ (ระดับคุณลักษณะแฝง) อยู่ในระดับต่ำ นอกจากนั้น ภาพนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับฟังก์ชันสารสนเทศของ มาตรวัด (Thomas, 2011)



ภาพ 14 ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อมาตรวัดและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า

2. การกำหนดมาตรการวัด (Scaling) และการเทียบคะแนน (Equating)

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเป็นโมเดลการวัดที่พารามิเตอร์ข้อคำถามและพารามิเตอร์บุคคลมีความหมายสมบูรณ์ในตัวเองอย่างเห็นได้ชัดในขณะที่ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมไม่สามารถใช้ข้อมูลจากข้อคำถามข้อใดข้อหนึ่งเพื่ออธิบายเชื่อมโยงถึงคุณลักษณะแฝงที่ต้องการวัดได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมมีแนวคิดที่ว่าหากผู้ทดสอบยืนยันคำตอบที่บ่งบอก ถึงระดับคุณลักษณะแฝงใดซ้ำ ๆ ก็มีแนวโน้มว่าผู้ทดสอบจะมีคุณลักษณะแฝงอยู่ในระดับนั้น ผลรวม คะแนน (Total Scores) จากมาตรวัดหรือแบบทดสอบจึงมีลักษณะแบบเรียงลำดับตามระดับของ คุณลักษณะแฝงที่มุ่งวัด ดังนั้น การแปลความหมายผลรวมคะแนนจึงสามารถทำได้โดยการคำนวณ ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentile Rank) ซึ่งเป็นการอธิบายผลในระดับมาตรฐานชั้น ในขณะที่ แนวคิดของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ข้อคำถาม (Item Parameter) กับพารามิเตอร์บุคคล (Person Parameter) ในมาตรฐานทรภาคชั้น โดยค่าคุณลักษณะแฝงที่เพิ่มขึ้น เทียบเท่ากับการเพิ่มขึ้นของระดับการยืนยันคำตอบของข้อคำถาม (Item Endorsement) ด้วย

ตัวอย่างเช่น คะแนนจากมาตรวัดภาวะซึมเศร้าของสมชายและสมบัติ หากพิจารณาในบริบทของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างสมชายกับสมบัติสามารถอธิบายได้โดยการอ้างอิงถึงปกติวิสัยที่วิเคราะห์ได้จากกลุ่มประชากร เช่น คะแนนรวมของสมบัติมี

ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 99 ซึ่งสูงกว่าคะแนนรวมของสมชายซึ่งอยู่ในตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 7 หมายความว่า สมบัติมีภาวะซึมเศร้ามากกว่าสมชาย ความหมายของคะแนนรวมที่ได้จากแนวคิดของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมจึงจำกัดอยู่ที่การเปรียบเทียบ แต่ไม่สามารถอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติม ต่อได้

ในขณะที่ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบสามารถอธิบายความแตกต่างของคุณลักษณะแฝงที่วัดได้จากสมชายและสมบัติ ด้วยการเชื่อมโยงถึงพฤติกรรม ความคิด และความรู้สึกที่เกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้าซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำหรับมาตรวัดนั้น โมเดลโลจิสติก (Logistic Model) หรือโมเดลปกติสะสม (Normal Ogive Model) สามารถแสดงให้เห็นถึงโอกาสหรือความน่าจะเป็นในการยืนยันคำตอบที่เกี่ยวข้องกับอาการต่าง ๆ ของภาวะซึมเศร้าซึ่งขึ้นอยู่กับคุณลักษณะแฝง เช่น หากสมบัติมีระดับคุณลักษณะแฝง (ภาวะซึมเศร้า) เท่ากับ +2.50 เมื่อพิจารณาเนื้อหาของข้อคำถามร่วมด้วยจะสามารถอธิบายได้ว่า สมบัติมีโอกาสที่จะรู้สึกเศร้า ร้อยละ 99 มีโอกาสที่จะรู้สึกสิ้นหวัง ร้อยละ 90 และมีโอกาสที่จะคิดฆ่าตัวตาย ร้อยละ 30 ในขณะที่ หากพบว่าสมชายมีระดับคุณลักษณะแฝง (ภาวะซึมเศร้า) เท่ากับ -0.50 เมื่อพิจารณาเนื้อหาของข้อคำถามร่วมด้วยจะสามารถอธิบายได้ว่า สมชายมีโอกาสที่จะรู้สึกเศร้า ร้อยละ 20 มีโอกาสที่จะรู้สึกสิ้นหวัง ร้อยละ 5 และมีโอกาสที่จะคิด ฆ่าตัวตาย ร้อยละ 1

นอกจากนี้ ผลการประมาณค่าระดับคุณลักษณะแฝงตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบยังช่วยให้ผู้ประเมินตัดสินใจได้ว่าผู้ประเมินต้องช่วยเหลือสมบัติน้อยเพียงใด จึงจะทำให้ระดับคุณลักษณะแฝง (ภาวะซึมเศร้า) ของเขาลดลงจนกระทั่งเหลือโอกาสที่เขาจะตัดสินใจฆ่าตัวตายเพียงร้อยละ 5 ความหมายของค่าคุณลักษณะแฝงที่ได้นี้ไม่เพียงแต่ช่วยในการวินิจฉัยโรคทางจิตเวช แต่ยังช่วยให้ผู้ประเมินสามารถวางแผนการบำบัดรักษาที่เน้นการบรรเทาอาการต่าง ๆ ของภาวะซึมเศร้าได้ และทำให้สามารถจัดการความเสี่ยงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้อีกด้วย

ในบริบทของการศึกษาวิจัย การที่มาตรวัดสามารถรายงานค่าพารามิเตอร์ข้อสอบได้พร้อมกับค่าพารามิเตอร์บุคคล ทำให้ผู้วิจัยสามารถทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝงที่ ต้องการวัดกับข้อคำถามได้อย่างมีความหมายมากยิ่งขึ้น เช่น ในมาตรวัดภาวะซึมเศร้า การยืนยันคำตอบในข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการฆ่าตัวตายย่อมต้องเกิดขึ้นกับผู้ทดสอบที่มีภาวะซึมเศร้าในระดับรุนแรง และเป็นไปได้น้อยมากที่ผู้ทดสอบซึ่งมีภาวะซึมเศร้าอยู่ในระดับต่ำจะยืนยันคำตอบในข้อนี้ ในขณะที่ข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการร้องไห้นั้น ไม่ว่าผู้ทดสอบจะมีระดับภาวะซึมเศร้ารุนแรง หรือไม่รุนแรงก็มีโอกาสที่จะยืนยันคำตอบได้ไม่แตกต่างกัน เป็นต้น

ตัวแปรแฝงตามโมเดลการตอบสนองข้อสอบเน้นที่ภาวะสันนิษฐาน (Construct) ไม่ได้เน้น ที่ผลรวมคะแนน (Total Scores) ดังนั้น มาตรวัดหลายฉบับที่มุ่งเน้นภาวะสันนิษฐาน

เดียวกันจึงสามารถนำมาปรับเทียบมาตรฐาน (Calibrate) เพื่อให้อยู่ในมาตรการวัดเดียวกันได้ ในขณะที่แนวคิดของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมปรับเทียบมาตรวัดต่างฉบับกันได้ยาก เพราะพารามิเตอร์ข้อสอบ และพารามิเตอร์บุคคลไม่ได้เป็นอิสระจากกัน (Thomas, 2011)

3. ความลำเอียงของข้อคำถามและมาตรวัด (Item and Test Bias)

เมื่อพารามิเตอร์ข้อสอบที่ประมาณค่าได้มีค่าแตกต่างกันตามกลุ่มประชากรที่ศึกษา พารามิเตอร์ข้อสอบที่ได้จากประชากรต่างกลุ่มกันนี้ไม่สามารถนำมาปรับเทียบเพื่อให้อยู่ในมาตรการวัด (Scale of Measurement) เดียวกันได้ ส่งผลให้ข้อคำถามมีความลำเอียง (Item Bias) ข้อคำถามที่ปราศจากความลำเอียง คือข้อคำถามที่ไม่ว่าผู้ทดสอบเป็นประชากรกลุ่มใด แต่ถ้ามีระดับคุณลักษณะแฝงอยู่ในระดับเดียวกัน ก็มีค่าความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบถูก หรือค่าความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบไม่ต่างกัน กล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ความแตกต่างของกลุ่มประชากรไม่ทำให้ค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถาม หรือการเลือกรายการคำตอบเปลี่ยนแปลงไป ข้อคำถามที่มีค่าพารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงไปตามกลุ่มประชากร เรียกว่า ข้อคำถามมีการทำหน้าที่ต่างกัน ของข้อสอบ (Differential Item Functioning: DIF) ขณะที่ข้อคำถามที่ค่าพารามิเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกลุ่มประชากร เรียกว่า ข้อคำถามมีการไม่แปรเปลี่ยนของการวัด (Measurement Invariance)

การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ ตามแนวคิดของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบจะมีความถูกต้องแม่นยำ เพราะมีการจำแนกพารามิเตอร์บุคคลและพารามิเตอร์ข้อสอบออกจากกันอย่างชัดเจน ความแตกต่างในความสามารถของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มจึงแยกจากการตรวจสอบเรื่องความลำเอียงของแบบสอบได้ การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบเป็นกระบวนการที่พบได้ทั่วไปในบริบทที่มีความหลากหลายทางวัฒนธรรม การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบทำให้ผู้พัฒนาแบบสอบสามารถคัดเลือกข้อสอบที่ไม่เหมาะสมออกจากแบบสอบหรือมาตรวัดได้ นอกจากนี้ การที่แบบสอบหรือมาตรวัดปราศจากความลำเอียงยังแสดงให้เห็นถึงหลักการทางด้านจริยธรรมที่ผู้พัฒนาแบบสอบหรือมาตรวัดควรปฏิบัติตาม (Thomas, 2011)

มโนทัศน์เกี่ยวกับการพัฒนาการ

1) ความหมายของการพัฒนาการ

คะแนนพัฒนาการ (growth score) เป็นคะแนนที่แสดงถึงเปลี่ยนแปลงในกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากที่ได้รับการจัดกระทำบางอย่าง ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งคะแนนในเชิงบวกหรือเชิงลบขึ้นอยู่กับความสามารถของนักเรียนในการพัฒนาตนเอง โดยคะแนนพัฒนาการเป็นคะแนนที่ได้รับความนิยมในหลากหลายสาขาวิชา เพราะคะแนนพัฒนาการเป็นดัชนีบ่งบอกถึง

ความก้าวหน้าของสิ่งที่ได้รับการวัด แต่ในด้านการศึกษานั้นการวัดคะแนนพัฒนาการเป็นกระบวนการสำคัญของการวัดและประเมินผลทางการศึกษา เพราะนักเรียนสามารถนำผลคะแนนจากการวัดพัฒนาการมาใช้เป็นสารสนเทศเพื่อการปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเองได้ (นิอร ไชยพรพัฒนา และอวยพร เรื่องตระกูล, 2549) การวัดคะแนนพัฒนาการในยุคแรกเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดซ้ำ 2 ครั้ง คือ ครั้งแรก และครั้งหลังจากการได้รับการจัดกระทำ โดยไม่สนใจในความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดในคุณลักษณะเดียวกัน (Baird, 1988, อ้างอิงใน อวยพร เรื่องตระกูล, 2544)

ทั้งนี้ในการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนต้องอาศัยการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ควบคู่ไปกับการประเมิน กำกับติดตาม ให้ความช่วยเหลือชี้แนะแก่ผู้เรียน ให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านต่าง ๆ ตามสภาพจริงของตัวผู้เรียน เช่น ความสามารถด้านการอ่าน ความสามารถด้านการเขียน การนำความรู้ไปใช้ เป็นต้น พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 26 ให้สถานศึกษาจัดการประเมินผู้เรียนโดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียนความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียนการร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอนตามความเหมาะสมของแต่ละระดับ และรูปแบบการศึกษา ดังนั้นครูควรทำการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งที่หลากหลาย เพื่อนำข้อมูลมาประเมินหรือตัดสินผลการเรียนของนักเรียน

หลักการวัดและประเมินผลศักยภาพ และพัฒนาการของผู้เรียน ชูศรี ต้นพงศ์ (2546) ได้เสนอหลักการวัด และประเมินผลศักยภาพและพัฒนาการ ของผู้เรียนดังนี้

1) เน้นกระบวนการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน และประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนให้ครอบคลุมทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ รวมทั้งคุณธรรม จริยธรรม หรือคุณลักษณะที่พึงประสงค์

2) เน้นการประเมินด้วยวิธีการที่หลากหลาย สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ที่จัดขึ้น

3) เน้นการบูรณาการ การประเมินควบคู่ไปกับการเรียนการสอนและกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยประเมินจากคุณภาพของงานและกระบวนการทำงานของผู้เรียน

4) เน้นการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์การประเมิน

5) เน้นการประเมินผู้เรียนด้วยการพิจารณาให้ครอบคลุมจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรม และการทดสอบตามความเหมาะสม นอกจากนี้ผู้สอนจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนรู้พัฒนาการด้านต่าง ๆ ของผู้เรียน การเรียนรู้ความแตกต่างของผู้เรียนที่มีต่อความสามารถในการเรียนรู้ การเรียนรู้วิธีการกำหนดคุณภาพที่แท้จริง เรียนรู้วิธีประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน เพื่อช่วยในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน

แนวคิดในการวัดคะแนนพัฒนาการได้เริ่มต้นตั้งแต่การศึกษาค้นคว้าของ Thorndike และ Thomson ในปี ค.ศ. 1924 โดยในช่วงแรกนั้นได้มีการวัดคะแนนพัฒนาการจากการวัดซ้ำ 2 ครั้งในคุณลักษณะเดียวกัน ซึ่งพัฒนาการที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลอันเนื่องมาจากการจัดกระทำ โดย นางลักซ์ วัชรชัย (2542 อ้างอิงใน อวยพร เรื่องตระกูล, 2544) ได้แบ่งวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่ยึดหลักการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมออกเป็น 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มแรกคือกลุ่มที่วัดคะแนนเพียง 2 ครั้ง ซึ่งเป็นวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม และกลุ่มที่ 2 จะใช้การวัดคะแนน 3 ครั้งขึ้นไป และใช้โมเดลต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ เช่น โมเดลเชิงเส้นระดับลดหลั่น โมเดลลิสเรล และเรียกวิธีนี้ว่าเป็นวิธีวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่

2) วิธีการประเมินคะแนนพัฒนาการ

การวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม

การวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิมจะเป็นการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการวัดซ้ำ 2 ครั้ง นั่นคือการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน จากการรวบรวมของ นีลอร์ ไฮพรพัฒนา (2549) และอวยพร เรื่องตระกูล (2544) พบว่าวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิมสามารถทำได้ทั้งหมด 11 วิธี ดังนี้

1) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Observed Difference Score) ซึ่งจะวัดโดยการหาผลต่างจากคะแนนสอบหลังเรียนและคะแนนสอบก่อนเรียน โดยมีข้อกำหนดว่า ในการสอบทั้ง 2 ครั้งนั้นจะต้องวัดในคุณลักษณะเดียวกัน และใช้แบบสอบที่เป็นรูปแบบเดียวกันหรือแบบสอบคู่ขนาน (Pike, 1991 อ้างอิงในอวยพร เรื่องตระกูล, 2544) ซึ่งสามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$DS = Y_1 - Y_2$$

โดยที่ DS คือ คะแนนพัฒนาการที่ได้มาจากการวัดจากความแตกต่างของคะแนนดิบ

Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

การวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้นนี้สามารถทำได้ง่าย แต่มีข้อจำกัดวิธีการนี้มีแนวคิดที่ว่าค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดของคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเท่ากัน และหักล้างกันไปจนหมด ซึ่งถือว่าเป็นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมที่กำหนดเอาไว้ว่าความคลาดเคลื่อนในการวัดนั้นเป็นอิสระต่อกัน นอกจากนั้นวิธีการนี้

ยังไม่ยุติธรรมต่อผู้ที่ได้คะแนนสอบก่อนเรียนสูง เพราะโอกาสที่จะได้คะแนนเพิ่มขึ้นนั้นมีน้อยกว่าผู้เรียนที่ได้คะแนนสอบก่อนเรียนต่ำ

2) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่แท้จริงของลอร์ด (Estimated True Gain Score) เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นโดย Lord ในปี 1956 ซึ่งอาศัยหลักการการถดถอยพหุ โดยใช้คะแนนดิบก่อนเรียนและคะแนนดิบหลังเรียนทำนายความแตกต่างระหว่างคะแนนจริง ซึ่งสามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$L_i = W_x X_i + W_y Y_i + k$$

โดยที่ L_i คือ คะแนนพัฒนาการของคนที่ i

W_x, W_y คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยพหุของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ

X_i, Y_i คือ คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับของคนที่ i

k คือ ค่าคงที่ในการถดถอยพหุ

การวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้มีข้อดีคือทำให้เกิดความยุติธรรมในการวัดเนื่องจากผู้ที่ทำคะแนนสอบก่อนเรียนได้สูงกว่าจะมีคะแนนพัฒนาการที่สูง เนื่องด้วยความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนที่มีค่าเท่ากัน แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้คือคะแนนพัฒนาการจะมีพิสัยแคบกว่าพิสัยของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ

3) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ (Residual change Score) เป็นวิธีที่ Manning และ Du Bois กำหนดขึ้นในปี 1958 ซึ่งได้พัฒนาวิธีนี้ขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อจำกัดในการวัดคะแนนที่เพิ่มขึ้นโดยที่ไม่ได้คำนึงถึงคะแนนก่อนเรียน (นอร์ ไซพรพัฒนา, 2549) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้จะนำหลักการวิเคราะห์การถดถอยมาใช้โดยให้คะแนนก่อนเรียนเป็นตัวแปรต้นและให้คะแนนหลังเรียนเป็นตัวแปรตาม โดยยึดหลัก คะแนนพัฒนาการคือความแตกต่างระหว่างคะแนนหลังเรียนกับคะแนนทำนายหลังเรียน ซึ่งทำนายได้จากคะแนนดิบก่อนเรียน สามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$R_i = Y_i - Y_i'$$

$$Y_i' = \bar{Y} + B_{xy}(X_i - \bar{X})$$

โดยที่ R_i คือ คะแนนพัฒนาการของคนที่ i
 X_i, Y_i คือ คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับของคน ที่ i
 Y'_i คือ คะแนนทำนายหลังเรียนของคน ที่ i
 $\bar{X}, \bar{Y}$ คือ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ
 B_{xy} คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยคะแนนดิบหลังเรียนลงบนคะแนนดิบก่อนเรียน

การวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้มีข้อดีคือ คะแนนพัฒนาการที่ได้นั้นเป็นอิสระจากการวัดครั้งแรกที่เป็นฐาน และมีข้อจำกัดคือ หากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันสูงจะทำให้ความเที่ยงของคะแนนพัฒนาการมีค่าต่ำ นอกจากนี้คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือก็จะไม่สามารถแสดงพัฒนาการรายบุคคลได้โดยตรง

4) วิธีวัดคะแนนพัฒนาการที่เป็นอิสระจากคะแนนสอบก่อนเรียน (Based-Free Measure of change) เป็นการวัดที่ใช้หลักการเกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ แต่จะใช้คะแนนจริงก่อนเรียนเป็นตัวทำนายคะแนนทำนายหลังเรียน ซึ่งสามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$B_i = Y_i - Y'_i$$

$$Y'_i = \frac{\bar{Y} + B_{xy}}{R_{xx'}}(X_i - \bar{X})$$

โดยที่ B_i คือ คะแนนพัฒนาการของคนที่ i
 X_i, Y_i คือ คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับของคน ที่ i
 Y'_i คือ คะแนนทำนายหลังเรียนของคน ที่ i
 $\bar{X}, \bar{Y}$ คือ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ
 B_{xy} คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยคะแนนดิบหลังเรียนลงบนคะแนนดิบก่อนเรียน
 $R_{xx'}$ คือ ความเที่ยงของคะแนนดิบก่อนเรียน

การวัดคะแนนพัฒนาการในรูปแบบนี้มีข้อดีคือคะแนนพัฒนาการที่ได้จะเป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียน และสามารถกำจัดความสัมพันธ์ลวงระหว่างคะแนนพัฒนาการกับคะแนนสถานภาพเริ่มต้นได้ สำหรับข้อจำกัดของการวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้คือไม่สามารถแสดงพัฒนาการเป็นรายบุคคลได้โดยตรง (อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537 อ้างอิงใน นิอร ไชยพรพัฒนา, 2549)

5) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากคะแนนมาตรฐาน (Standard Score Method) เป็นการวัดที่หาคะแนนพัฒนาการได้จากผลต่างระหว่างคะแนนมาตรฐานหลังเรียนกับคะแนนมาตรฐานก่อนเรียนสามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$SG = Z_2 - Z_1$$

โดยที่ SG คือ คะแนนพัฒนาการจากคะแนนมาตรฐาน

Z_1 คือ คะแนนมาตรฐานก่อนเรียน

Z_2 คือ คะแนนมาตรฐานหลังเรียน

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ คือ ช่วยแก้ปัญหาของคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งมีการแจกแจงต่างกัน ทำให้สามารถนำคะแนนพัฒนาการที่ได้มาเปรียบเทียบกันได้ในระหว่างคนหรือวิชาที่แตกต่างกัน (อวยพร เรื่องตระกูล, 2544)

6) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากลอการิทึมของคะแนนดิบ (Logarithm of Observed Score Method) เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดย Tornqvist และ Vartia and Vartia ในปี 1985 (Burr and Nesselroade, 1990 อ้างอิงใน อวยพร เรื่องตระกูล, 2544) ซึ่งมีแนวคิดว่าจะคะแนนพัฒนาการนั้นเกิดจากผลต่างระหว่างลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบหลังเรียนกับลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบก่อนเรียน สามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$NL = \ln X_2 - \ln X_1$$

โดยที่ NL คือ คะแนนพัฒนาการจากลอการิทึมของคะแนนดิบ

$\ln X_1$ คือ ลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบก่อนเรียน

$\ln X_2$ คือ ลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบหลังเรียน

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้คือช่วยแก้ปัญหาในกรณีที่คะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนไม่เป็นฟังก์ชันเชิงบวก และทำให้คะแนนที่แปลงแล้วมีการแจกแจงแบบสมมาตรเป็นฟังก์ชันบวก และมีการแจกแจงแบบปกติ (Symmetric, Additive and Normalized Properties) (อวยพร เรื่องตระกูล, 2544)

7) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดยศิริชัย กาญจนวาสี ในปี 2532 โดยใช้การคำนวณคะแนนพัฒนาการจากอัตราส่วนร้อยละระหว่าง

ผลต่างของคะแนนสอบหลังเรียนกับคะแนนสอบก่อนเรียน กับผลต่างของคะแนนเต็มกับคะแนนสอบก่อนเรียน แสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$RG = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(F - Y_1)} \times 100$$

โดยที่ RG คือ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

F คือ คะแนนเต็มในการวัด

Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้คือ เป็นการแก้จุดอ่อนในเรื่องของอิทธิพลเพดานในการวัดคะแนนเพิ่ม อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้ นอกจากนั้นผลที่ได้ยังสามารถแปลผลได้อย่างชัดเจนอีกด้วย

8) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการขจัดอิทธิพลเพดาน เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดย อรุณี อ่อนสวัสดิ์ ในปี 2537 (นอร์ ไซพรพัฒนา, 2549) โดยได้จากการประมาณค่าฟังก์ชันของพื้นฐานรู้เดิม การเรียนการสอน และอิทธิพลเพดาน สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

คะแนนพัฒนาการ = F (พื้นฐานรู้เดิม, การเรียนการสอน, อิทธิพลเพดาน) ในการนำไปใช้นั้นมีเงื่อนไขของการนำไปใช้ดังนี้

1. คะแนนพัฒนาการได้จากการคำนวณความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียนและหลังเรียน
2. พื้นฐานรู้เดิมใช้คะแนนจริงก่อนเรียนและอิทธิพลเนื่องจากพื้นฐานรู้เดิม ใช้การถดถอยความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงลงบนคะแนนจริงก่อนเรียน
3. การเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเรียนการสอนซึ่งจะได้ว่าแต่ละคนจะมีค่าไม่เท่ากัน
4. อิทธิพลเพดาน เป็นปัจจัยที่ยังไม่สามารถตัดสินได้ว่าจะใช้ตัวแปรใดแทน ซึ่งได้มีผู้เสนอแนวคิดไว้ 4 แนวคิดซึ่งสามารถนำไปสู่วิธีวัดคะแนนพัฒนาการได้ 2 แนวทางได้แก่ (1) ใช้ค่าประมาณคะแนนจริงจากวิธีของลอร์ด และ (2) ใช้คะแนนดิบ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ อรุณี อ่อนสวัสดิ์ เสนอวิธีการในการวัดคะแนนพัฒนาการได้ 8 วิธี

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้คือ สามารถแก้ปัญหาของอิทธิพลเพดานได้ ส่วนข้อจำกัดคือผลการวัดคะแนนพัฒนาการจะมีประสิทธิภาพดีในสถานการณ์ที่ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าสูง

1) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการเทียบส่วนร้อยละของคะแนนพัฒนาการ เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดยวินิจ เทือกทอง ในปี 2537 (วินิจ เทือกทอง, 2537) โดยทำการแก้จุดอ่อนของการวัดคะแนนพัฒนาการที่มีอิทธิพลของคะแนนเพดาน โดยใช้ฐานในการเปรียบเทียบใหม่ ให้เทียบเป็นร้อยละ ซึ่งฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือคะแนนสอบครั้งแรกและนำคะแนนพัฒนาการที่ได้จากการคำนวณ 3 วิธี ได้แก่ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ และคะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด มาเทียบส่วนร้อยละกับฐาน สามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

(1) คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิมเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

$$VPD = \frac{100D}{X}$$

โดยที่ VPD คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิมเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

D คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

(2) คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

$$VPR = \frac{100R}{X}$$

โดยที่ VPR คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

R คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

(3) คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ดเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

$$VPL = \frac{100L}{X}$$

โดยที่ VPL คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ดเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

L คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้คือ อัตราการพัฒนาของแต่ละคนแตกต่างกัน ตามพื้นฐานความรู้เดิมของแต่ละคน ผู้สอบที่มีพื้นฐานความรู้เดิมสูงจะมีอัตราคะแนนพัฒนาการสูงกว่าอัตราคะแนนพัฒนาการของผู้สอบที่มีพื้นฐานความรู้ต่ำ

9) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการเทียบคะแนนพัฒนาการกับศักยภาพของผู้สอบ เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดยวินิจ เทือกทอง ในปี 2537 เช่นเดียวกับวิธีการที่ 9 โดยใช้ฐานในการเปรียบเทียบเป็นคะแนนศักยภาพของผู้สอบ ซึ่งได้จากผลต่างของคะแนนเต็มกับคะแนนสอบครั้งแรกและนำคะแนนพัฒนาการที่ได้จาก 3 วิธี ได้แก่ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม คะแนน

พัฒนาการวิธีพิเศษเหลือ และคะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด มาเทียบส่วนร้อยละกับคะแนนศักยภาพ ซึ่งสามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

(1) คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิมเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

$$SRD = \frac{100D}{F-X}$$

โดยที่ SRD คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิมเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

D คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม

F คือ คะแนนเต็ม

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

(2) คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

$$SRR = \frac{100R}{F-X}$$

โดยที่ SRR คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

R คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ

F คือ คะแนนเต็ม

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

(3) คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ดเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

$$SRL = \frac{100L}{F-X}$$

โดยที่ SRL คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ดเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

L คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด

F คือ คะแนนเต็ม

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

ข้อดีของการวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้คือ ทำให้อัตราการพัฒนาของแต่ละคน แตกต่างกันไปตามศักยภาพของตนเอง ผู้สอบที่มีศักยภาพสูงจะมีอัตราคะแนนพัฒนาการสูงกว่า ผู้สอบที่มีศักยภาพต่ำ ส่วนข้อจำกัดคือมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าวิธีที่ยังไม่มีการแก้ปัญหาในเรื่องของอิทธิพลเพดาน

10) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล (Balanced Relative Gain Score) วิธีการนี้พัฒนาขึ้นโดยธีระ อาชวเมธี, กมลวรรณ ตังธนากานนท์ และสมหวัง พิทยานุวัฒน์ ในปี 2548 ซึ่งเป็นวิธีการที่พัฒนามาจากวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ โดยคะแนนพัฒนาการสามารถหาได้จากค่าอัตราส่วนร้อยละระหว่างผลต่างของคะแนนสอบหลังเรียนกับคะแนนสอบก่อนเรียน กับผลต่าง

ของคะแนนเต็มครึ่งหนึ่งของผลบวกคะแนนสอบหลังเรียนและคะแนนสอบก่อนเรียนสามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$BRG = \frac{Y_2 - Y_1}{F - (Y_1 + Y_2)/2} \times 100$$

โดยที่ BRG คือ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมมูล

F คือ คะแนนเต็มในการวัด

Y1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

Y2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

ข้อดีของวิธีนี้คือ ช่วยปรับสมดุลเกี่ยวกับปัญหาในเรื่องขนาดของคะแนนเพิ่ม (Gain size) ต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

จากทั้งหมดที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่า การประมาณค่าคะแนนพัฒนาการสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในเรื่องของการกำจัดอิทธิพลเพดาน สามารถคำนวณได้ง่าย เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในกรณีทั่วไป และผลที่ได้จากการแปลความหมายคะแนนก็สามารถเข้าใจได้ง่ายอีกด้วย

การหาคุณภาพของแบบทดสอบ

ลักษณะภายในของมนุษย์ เป็นสิ่งที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่ต้องอ้างอิงจากพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออก การใช้แบบวัดเพื่อวัดลักษณะภายในของบุคคลนั้น คุณภาพสำคัญของแบบวัดจึงอยู่ที่ความคงเส้นคงวาของแบบวัด และคะแนนจากแบบวัดสามารถใช้แสดงถึงลักษณะหรือสิ่งที่มุ่งวัด ซึ่งเป็นคุณภาพด้านความเที่ยงและความตรงของแบบวัดมีรายละเอียดดังนี้

1) ความตรง (validity) หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ ต้องการจะวัด หรือหมายถึงความสอดคล้อง หรือความเหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่องหรือเกณฑ์ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

ในเรื่องความตรงของเครื่องมือวัด สิ่งที่ต้องการวัด จะใช้เป็นตัวแทนแปรเกณฑ์ หรือเป็นตัวแปรที่จะนำเอาค่าวัดมาใช้เทียบด้วยการหาความสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นกับตัวแปรเกณฑ์ต่างๆ เหล่านี้จึงมีความตรงหลายชนิด เช่น

เมื่อใช้ขอบเขตมวล เนื้อหาเป็นเกณฑ์ก็เรียกว่า “ความตรงตามเนื้อหา” เมื่อนำค่าที่วัดได้มาสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ในอนาคตก็เรียกว่า “ความตรงเชิงทำนาย” เมื่อนำค่าที่วัดได้มาสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานในปัจจุบัน ก็เรียกว่า “ความตรงตามสภาพ” และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับโครงสร้างหรือลักษณะทางจิตวิทยา ก็เรียกว่า “ความตรงตามโครงสร้าง” ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความตรงทุกชนิดเป็นความตรงที่เกี่ยวกับ เกณฑ์ทั้งสิ้น แต่จะแตกต่างกันไปตามลักษณะเกณฑ์ต่าง ๆ (ชัยวิชิต เชียรชนะ, 2552)

การตรวจสอบความตรงสามารถจำแนกตามหลักฐานพยานได้ 3 ประเภทคือ ความตรงตามเนื้อหา (content validity) ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion-related validity) และความตรงตามโครงสร้าง (costruct validity) จากการศึกษาในหนังสือ “ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (classical test theory)” ของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ได้สรุปรวมวิธีการตรวจสอบความตรง โดยแต่ละวิธีมีรายละเอียด ดังนี้

(1) **ความตรงตามเนื้อหา** คือ ความสามารถในการวัดกลุ่มตัวอย่างเนื้อเรื่องวัดได้ครอบคลุมและเป็นตัวแทนของมวลเนื้อเรื่องหรือประสบการณ์ที่มุ่งวัด มีวิธีการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ได้แก่ 1) ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของนิยามและขอบเขตมวลเนื้อหาหรือประสบการณ์ที่มุ่งวัด 2) ตรวจสอบกลุ่มตัวอย่างเนื้อเรื่องหรือพฤติกรรมที่นำมาใช้วัดในเครื่องมือว่ามีความครอบคลุมเนื้อเรื่องหรือประสบการณ์ทั้งหมดหรือไม่เพียงใด และ 3) เปรียบเทียบสัดส่วนของ ข้อคำถามว่ามีความสอดคล้องกับน้ำหนักความสำคัญของแต่ละลักษณะเนื้อเรื่องที่มุ่งวัดมากน้อยเพียงใด

(2) **ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์** จำแนกเป็นความตรงตามสภาพ (concurrent validity) และความตรงเชิงทำนาย (predictive validity) ซึ่งความตรงตามสภาพคือ ความสามารถในการวัดลักษณะที่สนใจได้ตรงตามสมรรถนะของสิ่งนั้นในสภาพปัจจุบัน มีวิธีการตรวจสอบความตรงตามสภาพ ได้แก่ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากเครื่องมือกับคะแนนที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน ซึ่งสามารถวัดได้ในสภาพปัจจุบัน ส่วนความตรงเชิงทำนาย คือ ความสามารถในการวัดลักษณะที่สนใจได้ตรงตามสมรรถนะของสิ่งนั้นที่จะเกิดขึ้นในอนาคต มีวิธีการ ตรวจสอบความตรงเชิงทำนาย ได้แก่ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากเครื่องมือกับคะแนนที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน ซึ่งสามารถวัดได้ในเวลาต่อมาหรือในอนาคต

(3) **ความตรงเชิงโครงสร้าง** คือความสามารถในการวัดได้ตรงตามลักษณะที่มุ่งวัด โดยผลการวัดมีความสอดคล้องกับโครงสร้างและความหมายทางทฤษฎีของลักษณะที่มุ่งวัด มีวิธีการตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างโดยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดที่ได้

จากเครื่องมือกับโครงสร้างโดยอาศัยการสนับสนุนจากวิธีวิเคราะห์ต่างๆ ได้แก่ 1) วิธีตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ 2) วิธีเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มที่ทราบผล (comparing the scores of known groups) 3) วิธีเปรียบเทียบจากกลุ่มทดลอง (comparing scores from experiment) 4) วิธีวิเคราะห์เมตริกซ์พหุ ลักษณะ-พหุวิธี (multitrait-multimethod) 5) วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) นอกจากนี้ Crocker and Algina (1986) ยังได้เสนอให้ตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างโดยวิธีสหสัมพันธ์ (correlation) และ Kane อ้างถึงใน Crocker and Algina (1986) ยังได้เสนอให้ใช้ การตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนจากการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability theory) นอกจากนี้วิธีวิเคราะห์ต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ยังมีวิธีการแสดงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้างด้วย การวิเคราะห์ความเป็นพหุมิติ (multidimensionality) โดยเป็นการแสดงหลักฐานเมื่อการวัดมี ลักษณะที่มุ่งวัดเป็นแบบพหุมิติ หรือการวิเคราะห์ที่มุ่งจะชี้วัดความเป็นเอกมิติไม่มีความเหมาะสม จึงต้องมีการใช้โมเดลการวัดแบบพหุมิติช่วยยืนยันโครงสร้างที่วัด (Wolfe and Smith 2007b)

2) ความเที่ยง (reliability) ตามนัยเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ และนิยามความเที่ยงโดยทั่วไป หมายถึงความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการวัดซ้ำ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

ได้มีนักการศึกษาจำแนกชนิดของความเที่ยงไว้ดังนี้ ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ได้จำแนกไว้ 4 ประเภท ได้แก่ ความเที่ยงแบบความคงที่ (measure of stability) ความเที่ยงแบบความสมมูล (measure of equivalence) ความเที่ยงแบบความคงที่และสมมูล (measure of stability and equivalence) ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (measure of internal consistency) Crocker and Algina (1986) และ บุญเชิด ภิญโญ อนันตพงษ์ (2546) กล่าวว่าสอดคล้องกันว่า ชนิดของสัมประสิทธิ์ความเที่ยงมี 3 ประเภท ได้แก่ สัมประสิทธิ์ของความคงที่ (stability coefficient) สัมประสิทธิ์ของความสมมูล (equivalence coefficient) และสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องภายใน (internal consistency coefficient) ซึ่งจากแนวคิดของนักการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าชนิดของความเที่ยงจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

(1) ความเที่ยงแบบความคงที่ เป็นการหาความคงเส้นคงวาของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาที่ต่างกันโดยวิธีสอบซ้ำด้วยแบบสอบเดิม (test-retest method) โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากกลุ่มเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน โดยทำการวัดซ้ำสองครั้งในเวลาที่แตกต่างกัน

(2) ความเที่ยงแบบความสมมูล เป็นการหาความสอดคล้องของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาเดียวกันโดยใช้แบบสอบที่สมมูลกัน (test-retest with equivalent) โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้ในเวลาเดียวกันจากกลุ่มคนเดียวกันโดยใช้เครื่องมือ 2 ฉบับที่หัดเทียมกัน

(3) ความเที่ยงแบบความคงที่และสมมูล เป็นการหาความสอดคล้องของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาที่ต่างกัน โดยวิธีสอบซ้ำด้วยแบบสอบที่สมมูลกัน (equivalent forms method) โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้ในเวลาที่ต่างกันจากกลุ่มคนเดียวกันโดยใช้เครื่องมือ 2 ฉบับที่หัดเทียมกัน

(4) ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน เป็นวิธีหาความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้อหรือความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหาหรือข้อ อันเป็นตัวแทนคุณลักษณะเด่นเดียวกัน ต้องการวัดโดยใช้วิธีต่างกันที่ต้องการวัด โดยใช้วิธีต่างๆ ได้แก่ วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (split-half method) วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson method) วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha method) และวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์ (Hoyt's analysis of variance method)

3) การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สำหรับการหาคุณภาพของแบบทดสอบในครั้งนี้ ได้ใช้โปรแกรม SPSS ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบตามทฤษฎีแบบทดสอบแบบดั้งเดิมเพื่อใช้คัดแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจำนวน 40 ข้อ ในการวิเคราะห์ผลคุณภาพของแบบทดสอบการหาคุณภาพของข้อสอบรายข้อ โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) ค่าความยาก (Difficulty) ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, น. 185-196) ได้กล่าวถึงการหาค่าความ ยากง่ายของแบบทดสอบอิงกลุ่มว่า จะมีการวิเคราะห์หาดัชนีค่าความยากหรือดัชนีความง่ายของ ข้อสอบได้ 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 คำนวณจากดัชนีความยาก (Difficulty Index) เป็นค่าที่แสดงคุณสมบัติของแบบทดสอบว่านักเรียนทำผิดกี่คนในจำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบนั้นทั้งหมด ถ้ามีจำนวนนักเรียนทำผิดมาก ก็จะมีดัชนีความยากสูง ซึ่งแปลว่าเป็นข้อสอบที่ยากมาก แต่ถ้ามีจำนวนนักเรียนทำผิดน้อย ก็จะมีดัชนีความยากต่ำ ซึ่งแปลว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความยากต่ำหรือเป็นข้อสอบที่ง่ายนั่นเอง ซึ่งเป็นค่าดัชนีที่คำนวณจากสัดส่วนของนักเรียนที่ทำข้อนั้นผิดโดยคำนวณ จากสูตรดังนี้

$$P_D = \frac{N_w}{N_t}$$

เมื่อ P_D แทน ดัชนีค่าความยาก

N_w แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นผิด

N_t แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบข้อนั้น

วิธีที่ 2 คำนวณจากดัชนีค่าความง่ายของแบบทดสอบ (Easiness Index) เป็นค่าที่แสดงคุณสมบัติของข้อสอบว่า มีนักเรียนทำถูกกี่คนในจำนวนนักเรียนที่ทำถูกข้อนั้นทั้งหมด ถ้ามีนักเรียนที่ทำถูกมาก ก็จะมีดัชนีค่าความง่ายสูง ซึ่งแปลว่าแบบทดสอบง่ายมาก แต่ถ้ามีจำนวนนักเรียนที่ทำแบบทดสอบถูกจำนวนน้อย จะมีค่าดัชนีน้อย ซึ่งแปลว่าเป็นข้อสอบที่ง่ายน้อย หรือเป็นข้อสอบที่ยากมากนั่นเอง เป็นดัชนีที่คำนวณจากสูตรดังนี้

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ดัชนีค่าความง่าย

R แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบข้อนั้น

ตาราง 8 การแปลความหมายของค่าความยาก (P) ของข้อสอบ

ดัชนีค่า (P)	ความหมาย
มากกว่า 0.80	ง่ายมาก (ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60 – 0.80	ค่อนข้างง่าย
0.40 – 0.59	ปานกลาง
0.20 – 0.39	ค่อนข้างยาก
ต่ำกว่า 0.20	ยากมาก (ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

(2) อำนาจจำแนก (Discrimination Index)

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ (2543, 185-191) ได้ให้ความหมายของดัชนีค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบอิงกลุ่ม หมายถึงดัชนีที่บ่งบอกถึงข้อสอบข้อนั้นสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ได้คะแนนสูงหรือกลุ่มเก่งกับกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำหรือกลุ่มอ่อน ค่าอำนาจจำแนกนี้จะมีความหมายในรูปค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งมีค่าระหว่าง -1 ถึง +1 โดยทั่วไปแล้วข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกใช้ได้จะมีค่ามากหรือเท่ากับ .20 และถ้าข้อสอบข้อนั้นมี ค่าอำนาจจำแนกใกล้ +1 ก็แสดงว่าข้อสอบนั้นสามารถจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ถูกต้องสูงมาก แต่ถ้าข้อใดมีค่าอำนาจจำแนกเป็นลบหรือใกล้ 0 แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นจำแนกคนเก่งคนอ่อนไม่ได้ดี สำหรับความหมายของค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอิงเกณฑ์นั้น จะมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง กลุ่มที่ยังไม่ได้รับการเรียนรู้หรือกลุ่มที่ยังไม่รู้ (Nonmaster) กับกลุ่มที่ได้รับการเรียนรู้แล้ว (Master) ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอิงเกณฑ์ก็เช่นเดียวกันกับอิงกลุ่มคือ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ ระหว่าง -1 ถึง +1 ในแนวความคิดของข้อสอบอิงเกณฑ์ไม่เน้นค่าอำนาจจำแนก เนื่องจากข้อสอบ อิงเกณฑ์จะใช้ในการวัดผลในการเรียนการสอนอย่างมีระบบ (Systematic Instruction)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้สูตร D.R Whitney & D.L Sabers (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, น. 201) ใช้เทคนิค 50% ในการแบ่งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ

$$D = \frac{S_u - S_L}{N(X_{ma} - X_{min})}$$

เมื่อ D	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
S_u	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
X_{max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
X_{min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

สำหรับการหาคุณภาพของแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ ในครั้งนี้ ได้ใช้โปรแกรม IRTPRO ในการวิเคราะห์ผลคุณภาพของแบบทดสอบ การหาคุณภาพของข้อสอบ รายข้อ และการหาคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. คุณภาพของข้อสอบรายข้อ ประกอบด้วย ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ค่าการเดา ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบรายข้อ โดยมีรายละเอียดของการคำนวณ ดังนี้ ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากของข้อสอบ (b) และค่าโอกาสการเดา (c)

2. การวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IRTPRO Version 2.1 โดยคัดเลือกข้อสอบ ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกข้อสอบ (Urry, V. W., 1977) ดังนี้ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 2.50 ค่าความยากของข้อสอบ (b) มีค่าตั้งแต่ - 2.50 ถึง 2.50 และค่าการเดา ของข้อสอบ (c) มีค่าไม่เกิน 0.30 และคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จัดทำคลังข้อสอบ

3. วิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้าง ด้วยวิธีการ วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) โดยตรวจสอบความสอดคล้อง จำนวน องค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ และน้ำหนักองค์ประกอบตามขั้นตอน เริ่มจากการกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล ด้วยโมเดลการวัด องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่หนึ่ง โดยพิจารณาค่า chi-square (χ^2), relative chi-square (χ^2/df), CFI, TLI, RMSEA, SRMR เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของโมเดลการวัด โดยภาพรวม

4. การวิเคราะห์หาค่าความเที่ยง
5. การจัดทำคลังข้อสอบได้นำข้อสอบผ่านตัวเลือก
6. การแปลงคะแนนให้เป็นคะแนนร้อยละ

แปลงคะแนนให้เป็นคะแนนร้อยละ ซึ่งการประมาณค่าร้อยละจากค่าคะแนนดิบ ได้ประยุกต์ใช้จากหลักการประมาณค่าการให้คะแนนแบบสองค่า (0,1) ของ Hambleton ที่ประมาณ ค่าจากคะแนนสัดส่วนการตอบถูก (ชัยวิชิต เขียวชนะ, 2552) สำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นประมาณค่าให้ คะแนนแบบสองค่าโดยมีสูตรการประมาณค่าคะแนนร้อยละคะแนนดิบดังนี้

$$\text{คะแนนร้อยละ (\%)} = \frac{X-L}{T-L} \times 100$$

โดยที่ X คือ คะแนนที่ได้ของความสามารถแต่ละด้าน

T คือ คะแนนเต็มของความสามารถแต่ละด้าน

L คือ คะแนนต่ำสุดของความสามารถแต่ละด้าน

7. คะแนนมาตรฐาน Z, T และเปอร์เซ็นต์ไทล์

คะแนนมาตรฐาน (standard score) คะแนนที่ได้จากการสอบแต่ละครั้งของผู้เรียนนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับความสามารถของ ผู้เรียนแต่ละคนแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความยากง่ายของข้อสอบอีกด้วย ถ้าข้อสอบยากมาก ผู้เรียนก็จะทำคะแนนได้ไม่สูงนัก ในทางตรงข้ามถ้าข้อสอบง่ายมาก ๆ ผู้เรียนจะทำคะแนน ๆ ได้สูง จากลักษณะดังกล่าว มีผลทำให้คะแนนที่ได้ในแต่ละวิชา ซึ่งถึงแม้ว่าจะเป็นคะแนนของผู้เรียนกลุ่มเดียวกันก็ตาม ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ ดังนั้น ในการที่จะนำคะแนนมาเปรียบเทียบ กันให้ได้ความหมายนั้นทำได้โดยการเปลี่ยนคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐานซึ่งคะแนนแต่ละชนิดจะมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคงที่ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลชุดใด (บุญเรียง ขจรศิลป์, 2549) คะแนนมาตรฐานเป็นคะแนนที่แปลงรูปมาจากคะแนนดิบ เพื่อให้มีความหมายชัดเจนยิ่งขึ้น โดยทั่วไปการแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐานมี 2 วิธี คือ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2527)

1) **แปลงในรูปเส้นตรง (linear transformation)** เป็นการแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนน มาตรฐานโดยอาศัยวิธีการทางสถิติและรักษาโครงสร้างแจกแจงเดิมไว้ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น Z-Score, T-Score

2) **แปลงโดยยึดพื้นที่ (area transformation)** เป็นการแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนน มาตรฐานโดยการเอาตำแหน่ง percentile ของโค้งนั้น ๆ ไปเปรียบเทียบกับตำแหน่ง percentile ของโค้งปกติ (Normal Curve) ซึ่งวิธีนี้ลำดับที่ของคะแนนจะไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากปรับโค้ง แล้วแต่ช่วงคะแนนจะเปลี่ยนไป เช่น คะแนนมาตรฐาน T ปกติ (Normalized T-Score) คือ คะแนนมาตรฐานที่มีลักษณะการกระจายเหมือนกับการกระจายของคะแนนดิบ (raw scores) ที่ก่อนจะเปลี่ยนมาเป็นคะแนนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยของ Z-Score คือศูนย์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือหนึ่ง การคำนวณหาคะแนนมาตรฐาน Z อาศัยคะแนนเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ คะแนนแต่ละชุด โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{สูตร} \quad Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$$

เมื่อ Z แทน คะแนนมาตรฐานของแต่ละคน

X แทน คะแนนดิบของแต่ละคน .

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละชั้น S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนชุดนั้น

ลักษณะของคะแนนมาตรฐาน Z

1. เป็นคะแนนมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นหนึ่ง
2. คะแนนมาตรฐาน ที่เป็นลบ แสดงว่าคะแนนค่านั้นต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยและถ้าเป็นบวกแสดงว่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย
3. การเปลี่ยนคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐานไม่จำกัดคะแนนเต็มของวิชาต่าง ๆ โดยปกติคะแนนมาตรฐาน Z จะอยู่ระหว่าง ± 3 คะแนนที่มากกว่า 3 หรือน้อยกว่า -3 มีน้อยมากแทบจะหาไม่ได้เลย
4. ลักษณะการกระจายเหมือนกับการกระจายของคะแนนดิบ

คะแนนมาตรฐาน T (T-Score) เนื่องจากคะแนนมาตรฐาน Z จะมีค่าได้ทั้งบวกและลบ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ทำให้เกิด ความยุ่งยากในการตีความหมายและมักจะเข้าใจผิด โดยเฉพาะเมื่อได้คะแนนมาตรฐาน Z เป็น ลบ หรือ 0

ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาข้อนี้ จึงมีผู้เสนอคะแนนมาตรฐาน T โดยให้มีค่าเฉลี่ยเป็น 50 และความเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 10 เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้ สูตร $T = 10Z + 50$ เมื่อ T แทนคะแนนมาตรฐาน T

ลักษณะของคะแนนมาตรฐาน T

1. มีลักษณะการกระจายเหมือนกับการกระจายของคะแนนดิบ
 2. เป็นคะแนนมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ย 50 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10
- ตัวอย่างเด็กหญิงสมปองสอบวิชา ท 101 ได้คะแนนมาตรฐาน Z เท่ากับ 1 ถ้าเปลี่ยนเป็น คะแนนมาตรฐาน T จะได้เท่าไร สูตร $T = 10Z + 50 = 10(1) + 50 = 60$ เด็กหญิงสมปองจะได้คะแนนมาตรฐาน T เท่ากับ 60

เปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentiles)

เป็นตำแหน่งหรือจุดที่แบ่งพื้นที่ภายใต้โค้งปกติของการแจกแจงออกเป็น 100 ส่วนเท่า ๆ กัน ดังนั้นช่วงระหว่างตำแหน่งหรือจุดบนเส้นฐานของโค้งของการแจกแจงจะไม่เท่ากัน เว้นไว้แต่การแจกแจงนั้นเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเท่านั้น ถ้าพูดว่านายแดง สอบวิชาวิทยาศาสตร์ ได้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 65 อย่างนี้เรียกว่าตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentiles rank) นิยมเขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า P_{65} ถ้าพูดว่า P_{65} ตรงกับค่าคะแนน 26 คะแนน ค่าของคะแนนนี้เรียกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ ณ ตำแหน่งนั้น (Percentiles value) การแปลตำแหน่งของเปอร์เซ็นต์ไทล์นั้นต้องระลึกอยู่เสมอว่าตรงตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ เป็นตำแหน่งของจุดเฉย ๆ ดังนั้นถ้าพูดว่าแดงสอบวิชาวิทยาศาสตร์ได้ P_{65} แปลว่าใน 100 คนมีคนได้คะแนนวิทยาศาสตร์น้อยกว่าเขา 65 คน ดังนั้นถ้าจะพูดว่า คนหนึ่งสอบได้ เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ $X(P_x)$ แสดงว่ามีคนที่สอบได้คะแนนต่ำกว่า

เขาอยู่ $X\%$ นั่นเอง เวลาคำนวณจริง ๆ มักจะอยู่ในรูปของพื้นที่ภายใต้โค้งของการแจกแจงความถี่ เมื่อต้องการคำนวณ P_{25} ก็เช่น ต้องหาจุดว่าจุดใดที่ทำให้พื้นที่สะสมภายใต้โค้งจากคะแนนน้อยที่ขึ้นมา มีอยู่ 25% คำจำกัดความ: เปอร์เซ็นไทล์ที่ X ของการแจกแจงอันหนึ่ง หมายถึงจุด ๆ หนึ่งซึ่งมีคะแนนอยู่ภายใต้จุดนั้นลงไป X เปอร์เซนต์พอดี เปอร์เซ็นไทล์ เป็นค่าที่แบ่งข้อมูลออกเป็น 100 ส่วนเท่า ๆ กัน เมื่อข้อมูลถูกเรียงจากน้อยไป มาก เนื่องจากค่าที่แบ่งจำนวนข้อมูลออกเป็น 100 ส่วนเท่า ๆ กัน มีอยู่ 99 ค่า ดังนั้นเราจึงตั้ง ชื่อแต่ละค่าว่า เปอร์เซ็นไทล์ที่หนึ่ง ใช้สัญลักษณ์ P_1 คือค่าที่มีจำนวนข้อมูลน้อยกว่าค่านี้อยู่ประมาณ 1 ใน 100 ของข้อมูลทั้งหมด เปอร์เซ็นไทล์ที่สอง ใช้สัญลักษณ์ P_2 คือค่าที่มีจำนวนข้อมูลน้อยกว่าค่านี้อยู่ประมาณ 2 ใน 100 ของข้อมูลทั้งหมด จะมีลักษณะเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนถึงเปอร์เซ็นไทล์ที่เก้าสิบเก้า ใช้สัญลักษณ์ P_{99}

การหาเปอร์เซ็นไทล์

1. กรณีที่ข้อมูลยังไม่แจกแจงความถี่
ตำแหน่งของ P_1 คือ ตำแหน่งที่ $(N + 1)(1/100)$
ตำแหน่งของ P_2 คือ ตำแหน่งที่ $(N + 1)(2/100)$
จะมีลักษณะเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนถึงตำแหน่งของ P_{99} คือตำแหน่งที่ $(N + 1)(99/100)$ โดยทั่วไป ตำแหน่งของเปอร์เซ็นไทล์ที่ r คือ ตำแหน่งของ P_r คือ ตำแหน่งที่ $(N + 1)(r/100)$
2. กรณีที่ข้อมูลแจกแจงความถี่
ตำแหน่งของ P_1 คือ ตำแหน่งที่ $N(1/100)$
ตำแหน่งของ P_2 คือ ตำแหน่งที่ $N(2/100)$ จะมีลักษณะเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนถึงตำแหน่งของ P_{99} คือ ตำแหน่งที่ $N(99/100)$ โดยทั่วไป ตำแหน่งของเปอร์เซ็นไทล์ที่ r คือ ตำแหน่งของ P_r คือตำแหน่งที่ $(Nr/100)$ เหตุการณ์การหาเปอร์เซ็นไทล์ เราจะใช้ในกรณีที่มีข้อมูลดังกล่าวมีจำนวนมาก ๆ เพราะว่าเปอร์เซ็นไทล์เป็นค่าที่แบ่งจำนวนข้อมูลออกเป็น 100 ส่วนเท่า ๆ กัน ดังนั้นในกรณีที่ข้อมูลมีจำนวนน้อยไม่เหมาะที่จะหาเปอร์เซ็นไทล์ควรจะไปใช้ควอร์ไทล์ หรือ เดไซด์จะดีกว่า

วิธีเทียบตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์เป็นคะแนน T ปกติ

1. นำค่าตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่คำนวณได้มาเทียบกับค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่มีอยู่ในตาราง
2. ถ้าหากค่าตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่คำนวณได้ไม่ตรงกับค่าใด ๆ ในตาราง ให้เลือกค่าในตารางที่ใกล้เคียงที่สุด เช่น ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์เท่ากับ 97.5 จะได้คะแนน T ปกติเท่ากับ 70 เพราะ 97.5 มีค่าใกล้เคียงกับ 97.72 มากกว่า 97.13 เป็นต้น

3. การอ่านค่าคะแนน T ปกติ โดยดูจากตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ในตารางว่าตรงกับเลขอะไรในแนวดิ่ง (ทางซ้ายมือ) ให้เป็นหลักสิบ และในแนวนอนตรงกับเลขอะไร ให้เป็นหลักหน่วย เช่น ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ มีค่าเท่ากับ 96.41 จะได้คะแนน T ปกติเท่ากับ 68 หรือ ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์มีค่า 99.95 จะได้คะแนน T ปกติเท่ากับ 83 เป็นต้น

สรุป ข้อมูลดิบหรือคะแนนดิบที่ได้มาจากข้อมูลต่างชุดกัน จะนำมาเปรียบเทียบกันโดยตรงไม่ได้เพราะข้อมูลแต่ละชุดนั้นมีมาตรฐานของการวัดที่แตกต่างกัน กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เท่ากัน ถ้าต้องการนำข้อมูลเหล่านั้นมาเปรียบเทียบกันจะต้องแปลงข้อมูลดิบให้เป็นมาตรฐานเดียวกันเสียก่อน นั่นคือแปลงข้อมูลทั้งสองชุดที่จะนำมาเปรียบเทียบกันให้มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน

การแปลงข้อมูลดิบให้เป็นมาตรฐานเดียวกันหรือ ที่เรียกว่าแปลงให้เป็นคะแนนมาตรฐาน (Standard scores) ทำได้หลายวิธีเช่น

1) แปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐานซี (Z-Score) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 1 โดยใช้สูตร $Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$ หรือ

2) แปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐานที (T-Score) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็น 50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 10 มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 แปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐานซีเสียก่อนด้วยสูตร $Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$

ขั้นที่ 2 แปลงคะแนนมาตรฐานซี ให้เป็นคะแนนมาตรฐานทีด้วยสูตร $T = 10Z + 50$

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนที (T-score) ซึ่งเป็นคะแนนมาตรฐาน ได้นำมาใช้ในการเปรียบเทียบและบอกคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดเป็นมาตรฐานในแต่ละช่วงระดับ (วิรัชวรรณรัตน์, 2539, น. 170)

8. วิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์มาคำนวณ คะแนนพัฒนาการโดยใช้สูตร คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Scores) (ศิริชัย กาญจนวสี, 2552) ซึ่งสูตรดังกล่าวแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$RG = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(F - Y_1)} \times 100$$

เมื่อ F คือ คะแนนเต็ม

Y_1 คือ คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์หลังเรียน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลย้อนกลับออนไลน์

งานวิจัยเกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับออนไลน์ยังมีจำนวนน้อยเนื่องจากประเด็นของการวิจัยจะมุ่งไปยังการสร้างสังคมหรือกระบวนการเท่านั้น

Smit (1994) ได้พบว่า นักเรียนมีทัศนคติต่องานเขียนดีขึ้น หลังจากให้ข้อมูลย้อนกลับออนไลน์และความสามารถในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในกลุ่มนั้นเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์ วิจารณ์งานเขียนของผู้อื่นได้

Diane (2000) นำการสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ ไปประยุกต์ใช้กับการให้ข้อมูลย้อนกลับออนไลน์ของ Langston & Batson (1990) เรื่องการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลางนั้น ถือเป็นการเปลี่ยนทิศทางการสร้างสังคม แม้ว่าการวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยแบบนำร่องแต่ก็มีความสำคัญสรุปได้ว่าการทำงานกลุ่มผ่านระบบออนไลน์เปิดโอกาสให้มีการปฏิสัมพันธ์ได้หลากหลายมากกว่าแบบตัวต่อตัว

Mabrito (1991) ได้วิเคราะห์ถึงวงจรของการนำจดหมายอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการให้ข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งพบว่าผู้เขียนมีความเข้าใจในงานได้รวดเร็วขึ้น เนื่องจากกลุ่มเพื่อนทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ได้แนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์และการพูดคุยเป็นแบบกันเองในการแลกเปลี่ยนงานเขียนกับเพื่อนคนอื่น ซึ่งสอดคล้องกับ Selfe (1992) สนับสนุนผลการศึกษาจาก คอมพิวเตอร์เป็นฐาน ในการสนทนานำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการทำงานร่วมกัน โดยได้กล่าวไว้ว่าการปรึกษาทางระบบออนไลน์เป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งสำหรับนักเรียน เพราะเขาจะได้รับการฝึกการสนทนาในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไปมากกว่าการยึดติดกับรูปแบบการเรียนรู้เดิม ๆ ในห้องเรียน และการปรึกษาร่วมกันทางระบบออนไลน์ช่วยให้สมาชิกในกลุ่มลดความวิตกกังวลได้ลงจากนักวิจัยทั้งสามท่านที่กล่าวมา แสดงให้เห็นว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อนทางออนไลน์มีความสำคัญ โดยสรุปจากผลของการฝึกปฏิบัติงานของนักเรียน นอกจากนี้นักเรียนยังมีความ สนุกสนาน ดังนั้นนักเรียนจึงรู้สึกชื่นชอบกับการเขียน

Tannacito (1998) ได้ให้เหตุผลของการนำงานวิจัยที่ศึกษาความแตกต่างของการให้ข้อมูลย้อนกลับงานเพื่อนทางออนไลน์และแบบ ตัวต่อตัวผลที่ได้มีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป

DiGiovanni and Nagaswami (2001) ได้นำเอาวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับออนไลน์ไปประยุกต์ใช้กับการเขียนแบบปกติในชั้นเรียนที่เรียนภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่สอง ผลการศึกษาพบว่าประเภทการเจรจาในการให้ข้อมูลย้อนกลับนั้น มีความแตกต่างกัน คือการเจรจาแบบตัวต่อตัว

เป็นวิธีการสื่อสารแบบปกติทั่วไป จะมีความถี่ในการ ตั้งคำถาม การอธิบายการให้คำแนะนำสูงกว่าแบบออนไลน์ที่ผู้เรียนต้องใช้ทักษะคอมพิวเตอร์เข้ามาเป็นส่วนประกอบ

ข้อมูลย้อนกลับออนไลน์ส่วนใหญ่จะเป็นการแสดงความคิดเห็นและให้คำแนะนำต่อการปฏิบัติงานเขียน ส่วนในด้านความเห็นต่อการให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งสองวิธี ผู้เรียนมีความคิดเห็นที่แตกต่างกันเมื่อนำเอาออนไลน์เข้ามาช่วยในการเขียน โดยสรุปผลได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ชอบให้ข้อมูลย้อนกลับแบบตัวต่อตัวให้เหตุผลว่าเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย สามารถซักถาม และอธิบายเพื่อนในจุดที่ไม่เข้าใจและไม่มีทักษะทางคอมพิวเตอร์ กลุ่มที่สองคือผู้เรียนที่ชอบให้ ข้อมูลย้อนกลับงานเขียนออนไลน์ เหตุผลเนื่องจากว่ามีเวลาที่จะอ่านและคิดก่อนที่จะให้ข้อมูลย้อนกลับ และที่สำคัญการฟังพูดโดยใช้ภาษาอังกฤษยังไม่ค่อยคล่อง ทำให้ไม่เข้าใจว่าเพื่อนพูดอะไร ส่วนกลุ่มที่สามผู้เรียนชอบทั้งการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบตัวต่อตัวและออนไลน์รวมกัน เหตุผลคือการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบตัวต่อตัว นักเรียนสามารถคุยกับเพื่อนได้เหมือนการสื่อสาร พูดคุยธรรมดาทั่วไป ส่วนการให้ข้อมูลย้อนกลับออนไลน์ นักเรียนคิดว่าวิธีการนี้ทันสมัย นักเรียนมีอิสระในการคิดและอ่านงานเขียนของเพื่อนนอกชั้นเรียน

Mabrito (1989) ได้ทำวิจัยเพื่อหาความแตกต่างระหว่างการให้ข้อมูลย้อนกลับงานเขียนเพื่อนแบบตัวต่อตัวและผ่านทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียนที่มีความสามารถในการเขียน ระดับสูง 4 คน และระดับต่ำ 4 คน งานวิจัยชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนที่มีความสามารถสูงจะประเมินงานเขียนของตนไปในทางลบ เมื่อมีการพูดคุยในที่สาธารณะแต่การวิจัยในส่วนของการใช้คอมพิวเตอร์ เป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสาร พบว่าเมื่อมีการประเมินงานเขียนผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ผู้เรียนที่มีความสามารถในการเขียนสูงจะแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับไวยากรณ์ ส่วนกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถต่ำจะเน้นไปทางด้านเนื้อหาจากการสัมภาษณ์ผู้เรียน พบว่ามีความชื่นชอบและสบายใจต่อการปรึกษาผ่านทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ในการให้คำติชมหรือแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม ดังนั้นการใช้จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ในการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อนสามารถนำมาใช้กับการสอนเขียนในชั้นเรียนปกติได้

Wei Zhu (1995) ได้เสนอแนวทางการสื่อสารให้บรรลุผลคือการฝึกฝน โดยได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกให้ข้อมูลย้อนกลับ และอีกกลุ่มไม่ได้รับการฝึก ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกให้ข้อมูลย้อนกลับ สามารถช่วยเหลือเพื่อนคนอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามการนำวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับออนไลน์ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ผู้ตรวจงานเขียนควรเรียนรู้ถึงวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับด้านการใช้ภาษาให้สละสลวยด้วย

Leppanen and Kalaja (1995) กล่าวถึงการนำคอมพิวเตอร์ มาใช้ในการเรียนภาษาอังกฤษเชิงวิชาการ พบว่า บทบาทของผู้เรียนเปลี่ยนไปจากเดิมที่ต้องนั่งฟังครูอธิบายมาเป็นผู้ตั้งคำถาม การแสดงความคิดเห็น การวิจารณ์ ข้อความของเพื่อนคนอื่น

Mauriello (2000) งานวิจัยเพื่อศึกษาการใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลางในการเขียนออนไลน์โดยการใช้การเขียนเรียงความที่มีมุมมองหลายด้าน เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นส่วนตัวออกมาข้อมูลที่ได้รับจากการให้ข้อมูลย้อนกลับ ถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อแก้ไขในงานเขียน โครงร่างขั้นต่อไป ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในรายละเอียดธรรมชาติของผู้อ่านและผู้เขียนได้ดีขึ้น ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนต้องการที่จะเข้าร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่อสังคมผ่านการใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน และมีผลต่อการพัฒนาทักษะการเขียนของผู้เรียนเพิ่มขึ้นอีกด้วย

Hewett (1998) กล่าวถึง วงการศึกษามีการใช้กระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบตัวต่อตัวและแบบใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลางในการสื่อสาร เพื่อเชื่อมทฤษฎีความรู้ การสร้างสังคมเข้าไว้ด้วยกัน นักวิชาการมีความเชื่อว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อน จะช่วยให้ผู้เขียนมีการพัฒนาทางความคิดและการปรับแก้งานของตนเองดีขึ้น อย่างไรก็ตาม น้อยคนนักที่จะรู้ว่าการขาดการพูดคุยปรึกษาระหว่างเพื่อนมีอิทธิพลต่อความก้าวหน้าในงานเขียน ดังนั้นงานวิจัยจึงต้องการที่จะสำรวจการปรึกษาระหว่างผู้เรียน 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มแรกจะอยู่ในเงื่อนไขการพูดคุยอย่างเดียว ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งจะอยู่ในเงื่อนไขของการพูดคุยปรึกษาระหว่างเพื่อนที่เกิดขึ้นใน 2 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ความแตกต่างเบื้องต้นที่พบคือการพูดคุยแบบตัวต่อตัว ส่วนใหญ่จะเป็นการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาที่เป็นรูปนามธรรม ส่วนการปรึกษาผ่านทางคอมพิวเตอร์จะเน้นไปในทางรูปธรรม และมีการจัดการภายในกลุ่มเป็นอย่างดีในแต่ละเงื่อนไขที่กล่าวมาแล้วนั้น สามารถแยกคุณภาพในการปรึกษาได้แตกต่างกัน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นผู้เรียนสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงงานเขียนในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ แต่ผู้เรียนที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการให้ข้อมูลย้อนกลับ มีแนวโน้มที่จะใช้ความคิดเห็นที่ได้จากเพื่อนมาปรับปรุงงานเขียนได้ตรงมากกว่า ข้อมูลที่ได้รับจากการพูดคุยเพียงอย่างเดียวที่เป็นการเลียนแบบ และสร้างความคิดขึ้นมาใหม่เอง

ความแตกต่างของการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบตัวต่อตัวและแบบออนไลน์

Selfe (1992) ทำวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความคิดเห็นการตรวจงานเขียนแบบตัวต่อตัวกับแบบออนไลน์ของนักเรียนพบว่า ผู้เรียนรู้สึกเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยากเพราะในการเผชิญหน้ากันโดยตรงกับเพื่อนอาจทำให้เกิดการบาดหมางหรือเคลงใจกัน ถ้าหากให้ข้อมูลย้อนกลับในการแก้ไขข้อผิดพลาดโดยตรงไปตรงไป ตรงกันข้ามกับการให้ข้อมูลย้อนกลับงานเพื่อนออนไลน์ ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากกว่าแบบตัวต่อตัว เพราะผู้อ่านไม่ได้อยู่ต่อหน้าเพื่อนโดยตรง ผู้อ่านมีอิสระ

ในการคิดทบทวนก่อนที่จะให้คำแนะนำหรือชี้ข้อผิดพลาด และการให้ข้อมูลย้อนกลับ ก็สามารถแทรกลงในข้อความที่ผู้เขียนส่งมา เพื่อเน้นให้ทราบถึงจุดที่ควรแก้ไขโดยอาจจะเน้นสีของตัวอักษรหรือขีดเส้นใต้ทำให้เกิดความชัดเจนในการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบออนไลน์ แต่ในส่วนการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบตัวต่อตัวนั้น ผู้เขียนจะต้องจดบันทึกสิ่งที่ผู้อ่านให้คำแนะนำเพื่อช่วยในการจำซึ่งในบางครั้งอาจมีการสื่อสารที่ผิดความหมายหรือตีความที่แตกต่างกันออกไป

Mabrito (1991) วิจัยเกี่ยวกับการสื่อสารออนไลน์พบว่า ที่ผ่านมานั้นชี้ให้เห็นว่าข้อมูลที่ปรึกษากันผ่านคอมพิวเตอร์ยังคงมีอยู่มากกว่าการปรึกษาแบบคุยตัวต่อตัว เพราะว่าโดยทั่วไปแล้วคนเราจะเก็บข้อมูลจากการอ่านได้มากกว่าการฟัง อีกทั้งการวิจารณ์งานเขียนแบบเดิมคือแบบตัวต่อตัวอาจเป็นสาเหตุของการเกิดความขัดแย้งของความคิดระหว่างครูกับนักเรียน หากครูมีการตีความ ที่ผิดไปจากงานเขียน และส่งผลต่อประสิทธิภาพของงานเขียนดังเช่น

Newkirt (1984) กล่าวว่า ถ้าความคิดเห็นของนักเรียนและครูในการให้ข้อมูลย้อนกลับงานเขียนขัดแย้งกัน จะทำให้กระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับเกิดปัญหา ดังนั้นครูควรสื่อสารให้นักเรียนได้เข้าใจอย่างชัดเจน

Thongrin (2002) นำกระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับงานเพื่อนทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีไทย จำนวน 9 คน ในการวิจารณ์งานเขียนเพื่อน ผลการวิจัยพบว่า นวัตกรรมไม่เพียงแต่จะเป็นสิ่งใหม่ แต่ยังสามารถสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้ฝึกวิจารณ์ ให้คำชมและแสดงความคิดเห็น โดยที่ข้อคิดเห็นส่วนใหญ่จะเป็นการปรับข้อความการลำดับเรื่องและการใช้ภาษา แต่เนื่องจากว่าวัฒนธรรมไทยยังยึดติดอยู่กับความเกรงใจ ความเคารพนับถือ ทำให้รูปแบบในการให้ข้อมูลย้อนกลับในเบื้องต้นเป็นไปแนวทางบวก จึงเป็นเหตุให้ผู้เรียนบางคนเห็นว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อนสามารถนำมาบูรณาการเข้ากับการเขียน

นิธิดา อติภทรนันท์ (2547) ได้ศึกษาการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนออนไลน์ ทางด้านการเขียนภาษาอังกฤษในกระบวนวิชา 066714 สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา สาขาการ สอนภาษาอังกฤษ โดยบูรณาการทักษะการอ่านเขียน เข้ารวมไว้กับการเรียนการสอนออนไลน์ ทั้งนี้ เพื่อต้องการศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาในการเรียนแบบออนไลน์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบสำรวจความคิดเห็นเพื่อสร้างบทเรียนออนไลน์แบบประเมินความเหมาะสม หลังการใช้บทเรียนออนไลน์การเขียนสะท้อนความคิด การเขียนเรียงความแบบสอบถามความคิดเห็นในการให้ข้อเสนอแนะแบบตัวต่อตัวและแบบออนไลน์และแบบสอบถามความคิดเห็นของ นักศึกษาในการเรียนแบบออนไลน์ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความสามารถทางการเขียนเพิ่มขึ้น การให้ข้อเสนอแนะแบบตัวต่อตัวและแบบออนไลน์ มีประโยชน์

แม้ว่าการให้ข้อเสนอแนะผ่าน ทางออนไลน์จะมีความน่าสนใจแต่นักศึกษาส่วนใหญ่ชอบรูปแบบการให้ข้อเสนอแนะตัวต่อตัว มากกว่าออนไลน์ในด้านความคิดเห็นของนักศึกษาในการเรียนแบบออนไลน์พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่เห็นว่าบทเรียนออนไลน์ ช่วยให้นักศึกษาเขียนได้ดีขึ้น

พรพิมล รอดเคราะห์ (2550) ได้ศึกษาผลของรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับ ในเกมมัลติมีเดียเพื่อการศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 และเพื่อเปรียบเทียบผลของรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับ ในเกมมัลติมีเดียเพื่อการศึกษา 3 รูปแบบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน โดยแบ่งผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สูง กลางและต่ำ ซึ่งมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 21 คน จากนั้นสุ่มกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม เข้ารับการทดลองด้วยเกมมัลติมีเดียเพื่อการศึกษาที่มีรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับต่างกัน 3 รูปแบบ คือ 1) แบบให้คำอธิบายทันที 2) แบบให้โอกาสผู้เรียนในการเลือกคำอธิบาย และ 3) แบบไม่มีคำอธิบาย ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 9 กลุ่มย่อย แต่ละกลุ่มมีจำนวน 7 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยเกมมัลติมีเดียเพื่อการศึกษาที่มีรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่างกัน เมื่อเรียนด้วยเกมมัลติมีเดียเพื่อการศึกษาที่มีรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุรรัตน์ คนล้ำ (2545) ได้ศึกษาผลของรูปแบบการคิดและควบคุมข้อมูลย้อนกลับ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกปฏิบัติที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยแบ่งกลุ่มนักเรียนตามรูปแบบการคิดวิเคราะห์เชิงบรรยายแบบจำแนกประเภทเชิงอ้างอิงและแบบโยงความสัมพันธ์ กลุ่มละ 30 คน โดยแต่ละกลุ่มรูปแบบการคิดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกปฏิบัติที่มีโปรแกรมควบคุมข้อมูลย้อนกลับ จำนวน 15 คน และเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกปฏิบัติที่มีผู้เรียนควบคุมข้อมูลย้อนกลับ จำนวน 15 คน จากนั้นผู้วิจัยทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลอง นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่มีรูปแบบการคิดแตกต่างกัน เมื่อเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกปฏิบัติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกปฏิบัติ ที่มีการควบคุมข้อมูลย้อนกลับต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผู้เรียนที่มีรูปแบบการคิดแตกต่างกัน เมื่อเรียน

ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกปฏิบัติ ที่มีการควบคุมข้อมูลย้อนกลับต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Steendam et al. (2010) ได้ทำการศึกษาวิจัยผลจากการใช้รูปแบบการสอนและการเรียนแบบจับคู่หรือแบบคนเดียวที่มีต่อคุณภาพการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีความลุ่มลึกกับเพื่อน โดยศึกษาเกี่ยวกับทักษะการเขียนภาษาอังกฤษสำหรับผู้เรียนที่ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่สอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาภาษาอังกฤษเพื่อธุรกิจ โดยได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) นักศึกษาที่เรียนรู้ด้วยตนเอง 2) นักศึกษาที่เรียนรู้เป็นคู่กับเพื่อน กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มจะได้รับรูปแบบการสอนที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ ดังนี้ 1) ใช้การสังเกตจากตัวอย่างที่หลากหลาย และ 2) ให้ผู้เรียนได้ฝึกการเขียนอย่างอิสระ จากนั้นผู้วิจัยจะให้ผู้เรียนประเมินงานเขียนของเพื่อน ตามเกณฑ์ดังนี้ 1) วินิจฉัยปัญหาการเขียน 2) ระบุปัญหา 3) บรรยายสภาพปัญหา และ 4) เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญห ผลการวิจัยพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนการสอนทั้ง 2 รูปแบบ ไม่มีความแตกต่างกันของคะแนนทักษะการเขียนภาษาอังกฤษและการสอนในรูปแบบที่ 1 นั้นเหมาะสมกับรูปแบบการเรียนแบบจับคู่มากกว่ารูปแบบการเรียนคนเดียว

Epstein & Brosvic (2001) ได้ทำการศึกษาการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันที ในขณะที่ทำการทดสอบทางวิชาการ แบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 ผู้เรียนเข้ารับการทดสอบหน่วยย่อย ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบปลายภาค รูปแบบการสอบที่ใช้มี 2 ประเภท คือข้อสอบแบบเลือกตอบ (หลายตัวเลือก) เทคนิคการประเมินแบบให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันที เป็นการตอบสนองข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีของรูปแบบการตอบจนกว่าจะถูก โดยให้ผู้เรียนทำเครื่องหมายกากบาทลงในช่องว่าง ขั้นตอนของการทดสอบหน่วยย่อยผู้เรียนแต่ละคนจะได้รับ การทดสอบเพียงแบบใดแบบหนึ่ง แต่การทดสอบปลายภาคผู้เรียนทุกคนต้องถูกทดสอบด้วยการทดสอบแบบสแกนตัน (Scantron) และมีข้อสอบ 2 แบบย่อย คือ ข้อสอบแบบชุดเดียวกับตอนทดสอบหน่วยย่อยกับข้อสอบใหม่ ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนที่เข้ารับการทดสอบแบบเลือกตอบพร้อมมีข้อมูลย้อนกลับอย่างทันทีในตอนทดสอบหน่วยย่อยสามารถทำข้อสอบปลายภาคที่เป็นข้อสอบชุดเดียวกับตอนทดสอบหน่วยย่อยได้คะแนนมากกว่าผู้เรียนที่สอบโดยวิธีสแกนตันเมื่อตอนทดสอบหน่วยย่อย และผู้เรียนที่ได้รับการทดสอบหน่วยย่อยแบบเลือกตอบและมีข้อมูลย้อนกลับทันทีสามารถทำคะแนนทดสอบปลายภาคได้สูงกว่าตอนทดสอบหน่วยย่อย

พรศรี ลิทธิกุลสมบูรณ์ (2539) ได้ศึกษาการเลือกรับข้อมูลย้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยแบ่งผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 80 คน ออกเป็น 2 กลุ่ม ตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ กลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ กลุ่มละ 40 คน ประกอบด้วยชายและหญิงอย่างละ

20 คน โดยผู้เรียนสามารถเลือกรับข้อมูลย้อนกลับได้ 4 แบบ คือ 1) แบบบอกผลการกระทำ 2) แบบบอกผลการกระทำประกอบคำอธิบาย 3) แบบบอกผลการกระทำและบอกข้อถูก และ 4) แบบบอกผลการกระทำและบอกข้อถูกประกอบคำอธิบาย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทดสอบไค-สแควร์ (Chi-square) วิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยวิธีของตุกี (Tukey's honestly significant difference) ผลการวิจัยสรุปว่าเพศชายและเพศหญิงเลือกรับข้อมูลย้อนกลับไม่แตกต่างกัน โดยเลือกแบบที่ 4 มากที่สุด ส่วนผู้ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและต่ำเลือกรับข้อมูลย้อนกลับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผู้ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำเลือกแบบที่ 1 เป็นจำนวนมากกว่าแบบที่ 4

กษิธร ขวัญละมูล (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยงานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 และ 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหา เรื่อง ฟังก์ชัน สำหรับโรงเรียนรุ่งอรุณ และมีผลคะแนน น้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) เครื่องมือสำหรับเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) เครื่องมือสำหรับวัดผลและประเมินผล ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 3) เครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการวิจัย พบว่า 1) แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 78.04/73.98 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และ 2) ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เฉลี่ยเท่ากับ 3.96 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.68 อยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก ซึ่งผลจากการศึกษาดังกล่าวพบว่าแอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นจะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถใช้ในการพัฒนาทักษะ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยสามารถนำไปใช้รวมกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่องฟังก์ชันได้

ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2562) ได้ศึกษาการวิจัยการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติโดยใช้แอปพลิเคชันสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนม่วงมิตรวิทยาคม

โดยงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ โดยใช้แอปพลิเคชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 (2) เปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ โดยใช้แอปพลิเคชันชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ วิชา คณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ โดยใช้แอปพลิเคชัน กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 27 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนม่วงมิตรวิทยาคม อำเภอโพธารอง จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 27 ได้มาโดย การเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ โดยใช้แอปพลิเคชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 13 แผน 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 ข้อ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อการจัดกิจกรรม การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ โดยใช้แอปพลิเคชันสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และการทดสอบที แบบกลุ่มสัมพันธ์ ผลการวิจัยพบว่า 1. แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ โดยใช้แอปพลิเคชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการพัฒนามีประสิทธิภาพ (E1 /E2) เท่ากับ 78.42/82.22 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ โดยใช้แอปพลิเคชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ โดยใช้แอปพลิเคชัน อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 และส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52

สุรเดช อนันตสวัสดิ์ (2554) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบวินิจัย มโนทัศน์ ที่คาดเคลื่อนในวิชาเคมีใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับ ร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วย คอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สรุปรวมโนทัศน์ ที่คาดเคลื่อนในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพ ของแบบสอบวินิจัยสามระดับในวิชาเคมี 3) พัฒนาระบบวินิจัย มโนทัศน์ที่คาดเคลื่อนในวิชาเคมี โดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 4) ตรวจสอบคุณภาพระบบ ฯ โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสรุปรวมโนทัศน์ที่คาดเคลื่อน ระยะที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบ ฯ ระยะที่ 3 การทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจระบบ ฯ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 200 คน สำหรับใช้ในการทดลองระบบ ฯ เครื่องมือที่ใช้ใน การวิจัยประกอบด้วยแบบสัมภาษณ์ แบบสอบวินิจัยสองระดับ แบบสอบวินิจัยสามระดับ

ระบบวินิจัยแบบประเมินคุณภาพระบบ ฯ และแบบประเมินความพึงพอใจต่อระบบ ฯ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ร้อยละ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความยาก อำนาจจำแนก ตามทฤษฎีแบบดั้งเดิมและตามทฤษฎีแนวใหม่ (IRT) การวิเคราะห์ความเที่ยง และความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์โดยใช้สถิติออคูปา ผลการวิจัยสรุปว่า 1. ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมี จำนวน 40 มโนทัศน์ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น 2. ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจัยสามระดับ พบว่าแบบสอบวินิจัยสามระดับที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) และตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) สามารถคัดเลือกเข้าสู่ระบบวินิจัยได้จำนวน 80 ข้อ จากแบบสอบวินิจัยจำนวน 90 ข้อ 3. ผลการพัฒนาระบบ ฯ พบว่า การออกแบบระบบ ฯ มีขั้นตอนทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การออกแบบระบบการลงทะเบียน 2) การออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบและข้อมูลย้อนกลับ 3) การออกแบบหน้าจอของระบบ 4) การออกแบบรายงานผลการทดสอบ 5) การออกแบบคู่มือการใช้ระบบ และการทำงานของระบบมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบทดสอบ 2) การดำเนินการทดสอบและ 3) การรายงานผลการทดสอบ และ 4. ผลการตรวจสอบคุณภาพระบบ ฯ ก่อนใช้งานจริง พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าระบบมีความเหมาะสมทั้ง 4 ด้าน โดยด้านที่มีผลการประเมินสูงที่สุดคือ ด้านการออกแบบระบบ และด้านการทำงานของระบบ สำหรับการประเมินระบบหลังนำระบบไปใช้งานจริง พบว่า รายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ระบบใช้งานง่ายทำงานไปข้างหน้าอย่างราบรื่น

ณภาพัฒน์ พรหมแก้วงาม (2565) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการทดสอบเพื่อเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในห้องเรียนที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ตามแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการทดสอบเพื่อเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในห้องเรียนที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ตามแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน 2) ตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการทดสอบ 3) ศึกษาผลการใช้รูปแบบการทดสอบ ฯ และ 4) ประเมินประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการทดสอบ ฯ ตัวอย่างในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม จำนวน 5 ห้อง จำนวน 126 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้ (Learning Style) แบ่งเป็น 6 แบบ ได้แก่ แบบอิสระ แบบพึ่งพา แบบร่วมมือ แบบหลีกเลี่ยงแบบแข่งขัน และแบบมีส่วนร่วม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) แบบสอบถามแบบการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียนฉบับที่ 1 และ 2 เรื่องการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และ 3) แบบทดสอบระหว่างเรียนเรื่องการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่มีการให้ข้อมูล

ย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 กลุ่ม แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบสองทาง (Two -ways MANCOVA) ผลการวิจัยพบว่า 1. รูปแบบการทดสอบเพื่อเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในห้องเรียน ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ตามแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน รูปแบบ มืองค์ประกอบของการทดสอบมี 3 ประการ ได้แก่ ผู้เรียน เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ และผลการ ทดสอบ และขั้นตอนการทดสอบตามกระบวนการเรียนการสอน แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การทดสอบก่อนเรียน การทดสอบระหว่างเรียน และการทดสอบหลังเรียน จากการทดลองใช้ พบว่า รูปแบบการเรียนรู้และรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับ ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อความน่าจะเป็น ในการตอบถูก ($F=0.66$, $Sig = 0.76$) ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน ($F= 1.48$, $Sig = 0.16$) และไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อความคงทนในการเรียนรู้ ($F=0.91$, $Sig =0.53$) 2. ผลการตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการทดสอบ ฯ พบว่า ด้านความครอบคลุมเนื้อหา อยู่ในระดับ เหมาะสมมากที่สุด ด้านการสื่อความหมาย และด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ อยู่ในระดับ เหมาะสมมาก 3. ผลการใช้รูปแบบการทดลองเพื่อเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ในห้องเรียนที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ตามแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน พบว่า รูปแบบการทดสอบส่งผลต่อศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนไม่แตกต่างกันนักเรียนส่วนใหญ่ มีคะแนนพัฒนาการเรียนรู้ในระดับกลาง (ร้อยละ 59.61) โดยภาพรวมนักเรียนและครูผู้สอน มีความเห็นว่ารูปแบบการทดสอบเพื่อเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้ มีความเหมาะสมมากที่สุด

ไพฑูรย์ เอื้อบุญประดิษฐ์ (2563) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยการรู้ เรื่องคณิตศาสตร์ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับขั้น ของคุณลักษณะการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ 2) ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น และ3) วินิจฉัยข้อบกพร่องและให้ข้อมูล ย้อนกลับเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีตัวอย่างวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 956 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือวิจัยเป็นแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ด้านความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและด้านความเที่ยงด้วยวิธี สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ร้อยละ และสถิติทดสอบไคสแควร์ คำนวณคะแนนเชิงวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้เครือข่าย และตรวจสอบคุณภาพของการวินิจฉัย ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปา ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) แบบสอบที่พัฒนาขึ้น

ประกอบด้วย 8 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 คำถามย่อย รวม 32 ข้อ โดยคำถามย่อยที่ 1 วัดคุณลักษณะการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริง คำถามย่อยที่ 2 วัดคุณลักษณะการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์ คำถามย่อยที่ 3 วัดคุณลักษณะการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และคำถามย่อยที่ 4 วัดคุณลักษณะการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ 2) แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นมีความตรงเชิงโครงสร้าง (Chi-square = 334.770, $p = 0.918$, GFI = 0.931, AGFI = 0.902, RMSEA = 0.000) มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคตั้งแต่ 0.763 ถึง 0.842 สามารถวินิจฉัยข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของผู้ตอบ และ 3) ผลการวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในภาพรวมพบว่า มีนักเรียนที่มีข้อบกพร่องจำนวน 378 คน คิดเป็นร้อยละ 56.17 และมีนักเรียนที่ไม่มีข้อบกพร่องจำนวน 295 คน คิดเป็นร้อยละ 43.83 โดยคุณลักษณะที่นักเรียนที่มีข้อบกพร่องมากที่สุด คือ การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ซึ่งมีนักเรียนที่มีข้อบกพร่องจำนวน 420 คน คิดเป็นร้อยละ 62.41 และคุณลักษณะที่นักเรียนที่มีข้อบกพร่องน้อยที่สุด คือ การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริงซึ่งมีนักเรียนที่มีข้อบกพร่องจำนวน 273 คน คิดเป็นร้อยละ 40.56 เมื่อจำแนกนักเรียนตามภูมิภาคพบว่า สัดส่วนของนักเรียนที่มีข้อบกพร่องแตกต่างกันตามภูมิภาคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างมีนักเรียนที่มีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 65.63 ในขณะที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีนักเรียนที่มีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.39

สุวรรณี ทองพันชั่ง (2560) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสมที่แตกต่างกันด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีต่อการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในแต่ละระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ ที่ได้รับรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสมที่แตกต่างกัน 2) เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสมและระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่มีต่อการพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 154 คน แบ่งเป็นผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ระดับสูง ปานกลาง และต่ำ โดยผู้เรียนในแต่ละความสามารถจะได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบผสม 4 รูปแบบ (ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายรายละเอียดโดยการโต้ตอบ, ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและให้การชี้แนะโดยการโต้ตอบ, ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องให้การชี้แนะ และอธิบายรายละเอียด และข้อมูลย้อนกลับ

แบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบความสามารถด้านการคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน 2) แบบฝึกทักษะเรื่องความสามารถด้านการคำนวณผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงบรรยายการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบสองทาง การวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์โดยใช้การสร้างข้อสรุปเชิงอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า 1. ผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับสูงที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายรายละเอียดด้วยการโต้ตอบมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายรายละเอียดด้วยการโต้ตอบ, ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและให้การชี้แนะด้วยการโต้ตอบ และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปานกลางและต่ำที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องให้การชี้แนะ และอธิบายรายละเอียด มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายรายละเอียดด้วยการโต้ตอบ, ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและให้การชี้แนะด้วยการโต้ตอบ และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 2. มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์กับรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสมต่อพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ธัญบุรณ์ ธัญลักษณ์มะระ (2563) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับเชิงโต้ตอบด้วยคอมพิวเตอร์กับระดับความสามารถและอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยเชิงทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับเชิงโต้ตอบด้วยคอมพิวเตอร์ (เชิงโต้ตอบแบบลดความคล้ำย เชิงโต้ตอบแบบเพิ่มความคล้ำย เชิงโต้ตอบแบบความคล้ำยคงที่ และบอกคำตอบที่ถูกต้อง) กับระดับความสามารถทางฟิสิกส์ (สูง ปานกลาง และต่ำ) ที่มีต่อพัฒนาการด้านความสามารถและอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน และ 2) เปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถทางฟิสิกส์ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับเชิงโต้ตอบด้วยคอมพิวเตอร์ต่างประเภทกัน ตัวอย่างวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 73 คน เครื่องมือวิจัย คือ 1) แบบฝึกหัดการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยคอมพิวเตอร์ 2) แบบสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และ 3) แบบวัดอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติเชิงบรรยาย คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการสร้างข้อสรุปเชิงอุปนัย ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับเชิงโต้ตอบด้วยคอมพิวเตอร์กับระดับความสามารถทางฟิสิกส์ต่อพัฒนาการด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับเชิงโต้ตอบด้วยคอมพิวเตอร์กับระดับความสามารถทางฟิสิกส์ต่อพัฒนาการด้านอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2. นักเรียนที่มีความสามารถทางฟิสิกส์ระดับสูงที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับเชิงโต้ตอบด้วยคอมพิวเตอร์ต่างประเภทกันมีพัฒนาการด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถทางฟิสิกส์ระดับปานกลางที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับเชิงโต้ตอบแบบลดความคล้ายและข้อมูลย้อนกลับเชิงโต้ตอบแบบความคล้ายคงที่ รวมถึงนักเรียนที่มีความสามารถทางฟิสิกส์ระดับต่ำที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับเชิงโต้ตอบแบบความคล้ายคงที่ มีพัฒนาการด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนทุกระดับความสามารถทางฟิสิกส์ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับเชิงโต้ตอบด้วยคอมพิวเตอร์ต่างประเภทกันมีพัฒนาการด้านอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ (2560) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันที โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับผู้เรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน: การประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบต่อเนื่องของราสส์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ 2) ศึกษาผลการใช้ระบบการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ระหว่างผู้เรียนที่มีระดับความสามารถและได้รับข้อมูลย้อนกลับแตกต่างกัน 3) ประเมินคุณภาพระบบการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ และ 4) ปรับปรุงระบบการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จากโรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 7 โรงเรียน จำนวน 728 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบทดสอบและแบบประเมินซึ่งเป็นปัจจัยนำเข้าของระบบการทดสอบ ฯ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ 1) สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2) สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 กลุ่มแบบไม่อิสระต่อกัน การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบสองทาง โดยผลการวิจัยพบว่า 1. ผลการออกแบบและพัฒนาของระบบการทดสอบประกอบด้วย (1) ด้านปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย

1) แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางด้านพันธุศาสตร์ก่อนและหลังการทดสอบ ฯ

2) แบบประเมินตนเองด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางด้านพันธุศาสตร์ก่อนและหลังการทดสอบ ฯ และ 3) แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางด้านพันธุศาสตร์ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันที (2) ด้านกระบวนการ ประกอบด้วย 3 กระบวนการ ดังนี้ 1) กระบวนการลงทะเลเบียน 2) กระบวนการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ 3) กระบวนการประมวลผลการตอบ และ (3) ด้านผลลัพธ์ ประกอบด้วย 1) คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางด้านพันธุศาสตร์ก่อนการทดสอบ ฯ 2) คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางด้านพันธุศาสตร์หลังการทดสอบ ฯ 3) คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเมื่อได้รับข้อมูลย้อนกลับทันที 4) คะแนนการประเมินตนเองด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางด้านพันธุศาสตร์ก่อนการทดสอบ ฯ และ 5) คะแนนการประเมินตนเองด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางด้านพันธุศาสตร์หลังการทดสอบ ฯ

2. ผลการใช้ระบบทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์หลังจากการปรับปรุงระบบ ฯ พบว่า ผู้เรียนทุกระดับความสามารถมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีสูงกว่าก่อนการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผู้เรียนที่มีระดับความสามารถต่ำมีความสามารถในการแก้โจทย์ ฯ เมื่อได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบางส่วนโดยใช้การชี้แนะ (PDF) สูงกว่ารูปแบบอื่น ขณะที่ผู้เรียนกลุ่มปานกลางมีความสามารถในการแก้โจทย์ ฯ เมื่อได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบางส่วนโดยใช้การชี้แนะ (PDF) และแบบบอกผลการตอบ (KORF) สูงกว่าแบบสมบูรณ์โดยใช้การยกตัวอย่าง (FWF) และผู้เรียนกลุ่มสูงมีความสามารถในการแก้โจทย์ ฯ เมื่อได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการตอบ (KORF) สูงกว่าแบบสมบูรณ์โดยใช้การยกตัวอย่าง (FWF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และรูปแบบข้อสอบแบบเลือกตอบ (MC) ผู้เรียนมีความน่าจะเป็นในการตอบถูกสูงกว่าแบบสร้างคำตอบ (CR) สำหรับทุกความพยายามในการตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการประเมินคุณภาพของระบบการทดสอบตามมาตรฐาน 4 ด้าน พบว่า ทุกด้านมีระดับคุณภาพดีทั้งหมด โดยด้านที่มีผลคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ ด้านความถูกต้อง ($M = 3.87$, $SD = 1.110$) รองลงมาอันดับสองคือ ด้านความเป็นไปได้ ($M = 3.70$, $SD = 0.997$) รองลงมาอันดับสามคือ ด้านอรรถประโยชน์ ($M = 3.69$, $SD = 1.062$) และลำดับสุดท้าย คือ ด้านความเหมาะสม ($M = 3.65$, $SD = 0.748$)

Vasilyeva และคณะ (2007) ได้ศึกษารูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับและแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนเป็นส่วนสำคัญของการเรียนรู้และปฏิสัมพันธ์ในระบบ e-learning ในเรื่องนี้นำเสนอผลการทดลองนำร่องเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับกับแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน ในการทดลองใช้การให้ข้อมูลย้อนกลับโดย Quiz

Module learning system ผลลัพธ์ได้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างแบบการเรียนรู้ และการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีและภายหลัง โดยใช้แบบการเรียนรู้ของ Felder และ Silverman ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เพียง 3 มิติ ได้แก่ active-reflective, sensing-intuitive, และ sequential-global และใช้การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีและการให้ข้อมูลย้อนกลับภายหลัง โดยให้ข้อมูลย้อนกลับแบบละเอียดและแบบบอกผลของการตอบเท่านั้น ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนแบบ reflective และ intuitive จะทำคะแนนได้ดีเมื่อได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีอย่างละเอียด ส่วนผู้เรียนแบบ active sensing และ global จะได้คะแนนดีกว่าเมื่อได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีแบบบอกผล การตอบ

Parvez and Blank (2008) ได้ศึกษาแบบการเรียนรู้และการให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยใช้แบบ การเรียนรู้ของ Felder และ Silverman ที่แบ่งผู้เรียนออกเป็น 4 มิติ คือ ได้แก่ active-reflective, sensing-intuitive, visual-verbal และ sequential-global โดยมีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบหลาย ระดับตามแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยในระดับแรกจะเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเล็กน้อย และมีการให้คำใบ้ที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้นไปเรื่อย ๆ จนไปถึงระดับสุดท้ายคือการให้ข้อมูลย้อนกลับ แบบอธิบายรายละเอียด ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนแต่ละแบบหากได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับ ที่เหมาะสมกับแบบการเรียนรู้แล้วจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ชนกพร พิกสังข์ และคณะ (2563) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนเชิงวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อส่งเสริมทักษะ การเขียนเชิงวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ ศึกษาพัฒนาการของนักเรียน ภายหลังจากที่ใช้การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบฝึกทักษะจำนวน 4 แบบฝึกทักษะ ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัย ประกอบด้วย 1) ขั้นวางแผน โดย ผู้วิจัยออกแบบแผน การจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย กระบวนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 ขั้น คือ ขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุป โดยแต่ละขั้นบูรณาการการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อ ส่งเสริมทักษะการเขียนเชิงวิเคราะห์ 2) ขั้นปฏิบัติ ผู้วิจัย จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผนการจัด การเรียนรู้ โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 40 คน ได้มาจากการเลือก อย่างเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 3) ขั้นสังเกตการณ์ ผู้วิจัย เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบฝึกทักษะการเขียนบรรยาย และการเขียน เชิงวิเคราะห์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ 4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ผู้วิจัยนำข้อมูลจาก แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบฝึกทักษะ โดยใช้สถิติเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ เพื่อให้เห็นถึงพัฒนาการว่า นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการเขียนเชิงวิเคราะห์ของตนเองได้มากน้อยอย่างไร ผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดการเรียนรู้โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับ ประกอบด้วย ขั้นแจ้ง จุดประสงค์ในการเรียน ขั้นตรวจสอบความเข้าใจเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ขั้นการให้ข้อมูลย้อนกลับ และขั้นให้คำแนะนำชี้แนะแนวทาง 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยให้ข้อมูลย้อนกลับมีพัฒนาการการเขียนเชิงวิเคราะห์ระดับกลางขึ้นไปมีคะแนนพัฒนาการแบบฝึกทักษะที่ 1 การเขียนบรรยายจากบทความ ร้อยละ 33.63 (ระดับกลาง) แบบฝึกทักษะที่ 2 การเขียนเชิงวิเคราะห์จาก บทความ ร้อยละ 28.57 (ระดับกลาง) แบบฝึกทักษะที่ 3 การเขียนเชิงวิเคราะห์จากบทความ ร้อยละ 45.39 (ระดับกลาง) และแบบฝึกทักษะที่ 4 การเขียนเชิงวิเคราะห์ จากบทความ ร้อยละ 59.02 (ระดับสูง)

วิไลพร ลักขมีวาณิชย์ (2558) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนต่อการเขียน บทสรุปและวิจารณ์ผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจประเด็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและติดตามพัฒนาการของ การเขียน บทสรุปและวิจารณ์ผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับชั้นปีที่ 1 และ 2 จำนวน 3 กลุ่ม ที่เรียนรายวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ทั่วไป 1 รายวิชาปฏิบัติการกลศาสตร์ และอุณหพลศาสตร์ และรายวิชาเคมีเชิงฟิสิกส์ 1 ที่มีรูปแบบการสอนที่เน้นการให้ข้อมูลย้อนกลับ การทำซ้ำ และการทำต่อเนื่อง พบว่าประเด็นของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนต่อการเขียนบทสรุป และวิจารณ์ผลการทดลองมีการนำข้อมูลการทดลองมาเขียนพรรณนา คัดลอกทฤษฎี อธิบายวิธีการทดลอง คัดลอกงานเพื่อนและเขียนแบบไม่ระบุหน่วยของปริมาณ ตลอดจนโทษอุปกรณ์การทดลอง และตนเอง ปริมาณความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ลดลงอย่างต่อเนื่องจนไม่พบในครั้งสุดท้าย รวมทั้งรูปแบบการสอนดังกล่าวสามารถพัฒนาทักษะการเขียนบทสรุปและวิจารณ์ผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาทั้ง 3 กลุ่มได้สามารถให้กำหนด ข้อมูลสำคัญได้มากกว่าร้อยละ 80 ในการทำซ้ำครั้งสุดท้ายได้

ภัทราวดี ชุ่มนวล (2564) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง ผลการให้ข้อมูลย้อนกลับจากการประยุกต์ใช้โปรแกรมโค้ดที่มีต่อพัฒนาการการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพข้อมูลย้อนกลับที่นำมาใช้ร่วมกับโปรแกรมโค้ดในการประเมินพัฒนาการการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษา และ 2) เพื่อวิเคราะห์พัฒนาการการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา จากการประยุกต์ใช้โปรแกรมโค้ด ร่วมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยขั้นต้น แบบ pretest posttest time series design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดทักษะการคิด แก้ปัญหา การวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ร้อยละของพัฒนาการ และการวิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติสรุปอ้างอิง ได้แก่ สถิติทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ผลการวิจัยพบว่า 1) ข้อมูลย้อนกลับและเกณฑ์การประเมิน การประยุกต์ใช้โปรแกรมโค้ดประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ (1) การเขียนโปรแกรมได้ตามที่โจทย์ กำหนด (2) การแสดงลำดับขั้นตอนได้ตามเงื่อนไข (3) ความสมบูรณ์ของผลงาน และ (4) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา โดยมีค่าดัชนี IOC อยู่ระหว่าง .6 - 1.0 และ 2) นักเรียนมีพัฒนาการการคิด แก้ปัญหาสูงสุดในระยะที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สง่า วงศ์ไชย (2564) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การพัฒนาคุณภาพงานเขียนโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับ: กรณีศึกษาแบบทดสอบอัตนัยระดับชาติ ผลงานวิจัยพบว่า การประเมินเพื่อการเรียนรู้ (assessment for learning) จำเป็นต้องใช้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อวินิจฉัยปัญหาและปรับปรุงแก้ไขวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพ การเขียนเป็นทักษะที่ครูต้องให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อให้ผู้เรียนทราบจุดแข็ง จุดอ่อนของตนเองและนำไปปรับปรุงแก้ไขงานเขียนให้มีคุณภาพ การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นการสื่อสารเชิงบวกที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และเกิดแรงบันดาลใจในการพัฒนาตนเอง องค์ประกอบสำคัญของการให้ข้อมูลย้อนกลับมี 3 ประการ คือ 1) การให้ข้อมูลกระตุ้นการเรียนรู้ 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับ 3) การให้ข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ต่อยอด ขั้นตอนการให้ข้อมูลย้อนกลับมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกระตุ้น และสร้างแรงจูงใจ 2) การตรวจสอบความเข้าใจ 3) การให้ข้อมูลย้อนกลับ 4) การให้คำแนะนำต่อยอด การพัฒนาคุณภาพงานเขียน โดยใช้กระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการเขียนได้จากการได้รับคำแนะนำจากเพื่อนร่วมชั้น และผู้สอน ช่วยสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นในการแก้ไขปรับปรุงงานเขียนให้ดียิ่งขึ้น อันนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และ สมรรถนะการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของแบบการเรียนรู้และการให้ข้อมูลย้อนกลับพบว่า แบบการเรียนรู้และการให้ข้อมูลย้อนกลับมีปฏิสัมพันธ์กัน โดยมีการศึกษาแบบการเรียนรู้ตามที่นักวิชาการหรือนักจิตวิทยาแบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ เมื่อได้รับข้อมูลย้อนกลับในรูปแบบที่แตกต่างกัน จะทำให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน นั่นคือถ้าผู้เรียนได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับที่เหมาะสมกับแบบการเรียนรู้ของตนเอง จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลย้อนกลับออนไลน์ ที่กล่าวถึงเบื้องต้น รายละเอียดดังปรากฏในตาราง 9

ตาราง 9 สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลย้อนกลับออนไลน์

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
การให้ข้อมูล ย้อนกลับ ออนไลน์ กับการเขียน	Smit (1994)	ศึกษาทัศนคติ นักเรียนต่อ การเขียนหลังจาก ได้รับข้อมูล ย้อนกลับ ออนไลน์	เชิงสำรวจ	ไม่ระบุ	การให้ข้อมูล ย้อนกลับออนไลน์ ช่วยเสริม การเขียน และ การปฏิสัมพันธ์
การสอน แบบมี ปฏิสัมพันธ์ ผ่านออนไลน์	Diane (2000)	ประยุกต์การเรียนรู้ ร่วมมือโดยใช้ คอมพิวเตอร์ เป็นสื่อกลาง	วิจัยนัยร่อง	ไม่ระบุ	การทำงานกลุ่ม ออนไลน์ เปิดโอกาส การปฏิสัมพันธ์ หลากหลาย
การใช้จดหมาย อิเล็กทรอนิกส์ ในการให้ข้อมูล ย้อนกลับ	Mabrito (1991)	วิเคราะห์การใช้ E-mail ในการให้ข้อมูล ย้อนกลับ	เชิง วิเคราะห์	จดหมาย อิเล็กทรอนิกส์	การใช้ E-mail พัฒนาความเข้าใจ ในงานเขียน และลด ความกังวล
การอภิปราย ด้วย คอมพิวเตอร์ กับการ ทำงานร่วมกัน	Selfe (1992)	ศึกษาการใช้ คอมพิวเตอร์เสริม การทำงานกลุ่ม	สนับสนุน ผลการ ศึกษา	คอมพิวเตอร์	การสนทนา ออนไลน์ ช่วยฝึกการ สื่อสารที่ แตกต่างจาก การเรียนรู้ในห้อง
การเปรียบเทียบ การให้ ข้อมูลย้อนกลับ แบบต่าง ๆ	Tannacito (1998)	เปรียบเทียบการ ให้ข้อมูลย้อนกลับ แบบออนไลน์ และตัวต่อตัว	เชิง เปรียบเทียบ	ไม่ระบุ	รูปแบบการให้ ข้อมูลย้อนกลับ มีจุดแข็งจุดอ่อน ต่างกัน
การให้ข้อมูล ย้อนกลับต่อ การเขียน	DiGiovanni &	ศึกษาการเจรจา ในการให้ข้อมูล ย้อนกลับภาษา	เชิงทดลอง	ไม่ระบุ	ออนไลน์ ให้อิสระ

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
ภาษาอังกฤษ	Nagaswami (2001)	อังกฤษ			ในการคิด แต่ต้องมีทักษะ คอมพิวเตอร์ ร่วมด้วย
ความแตกต่าง ของการใช้ จดหมาย อิเล็กทรอนิกส์	Mabrito (1989)	เปรียบเทียบการ ให้ข้อมูลย้อนกลับ กับผู้มีทักษะ การเขียนต่างระดับ	เชิงสัมพัทธ์	จดหมาย อิเล็กทรอนิกส์	การใช้ E-mail ช่วยลดความกังวล และพัฒนาทักษะ การเขียนได้ดี
ผลการฝึก ให้ข้อมูล ย้อนกลับ	Wei Zhu (1995)	ศึกษาการฝึกให้ ข้อมูลย้อนกลับที่มี ต่อประสิทธิภาพ การช่วยเหลือ เพื่อน	เชิงทดลอง	ไม่ระบุ	การฝึกให้ข้อมูล ย้อนกลับ ช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพ การช่วยเหลือ
การใช้ คอมพิวเตอร์ ในการเรียน ภาษาอังกฤษ	Leppanen & Kalaja (1995)	ศึกษาบทบาท ผู้เรียนเมื่อใช้ คอมพิวเตอร์ ในการเรียน ภาษาอังกฤษ	เชิงวิเคราะห์	คอมพิวเตอร์	การใช้คอมพิวเตอร์ เปลี่ยนบทบาท ผู้เรียนจากผู้ฟัง เป็นผู้ตั้งคำถาม
การเขียน ออนไลน์ด้วย คอมพิวเตอร์	Mauriello (2000)	ศึกษาการเขียน เรียงความออนไลน์ ที่มีมุมมอง หลายด้าน	เชิงวิเคราะห์	การเขียน ออนไลน์	การเขียนออนไลน์ ช่วยส่งเสริมความ เข้าใจในบทบาท นักเขียน-ผู้อ่าน
การปรึกษา ระหว่าง เพื่อนผ่าน ระบบออนไลน์	Hewett (1998)	ศึกษาการพูดคุย และปรึกษา ระหว่าง เพื่อนที่มีผลต่อ การเขียน	เชิงทดลอง	คอมพิวเตอร์	การแลกเปลี่ยน ความคิดเห็น ออนไลน์ช่วย พัฒนางานเขียน ได้ตรงจุดมากขึ้น
ความคิดเห็น ต่อการตรวจ งานเขียน	Selfe (1992)	เปรียบเทียบ การตรวจงาน ตัวต่อตัวกับ	เปรียบเทียบ	ไม่ระบุ	การให้ข้อมูล ย้อนกลับ ออนไลน์ช่วยให้

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
แบบต่าง ๆ		ออนไลน์			คำแนะนำ ได้ชัดเจนกว่า ตัวต่อตัว
การปรึกษา ออนไลน์กับ การพูดคุย ตัวต่อตัว	Mabrito (1991)	ศึกษาการสื่อสาร ผ่านคอมพิวเตอร์ กับการพูดคุยตรง	วิจัย	คอมพิวเตอร์	การใช้คอมพิวเตอร์ ลดความขัดแย้ง จากการตีความ ต่างกัน
ความเห็นต่อ การให้ข้อมูล ย้อนกลับ ระหว่าง นักเรียน และครู	Newkirt (1984)	ศึกษาความขัดแย้ง ในการให้ข้อมูล ย้อนกลับ	วิจัย	ไม่ระบุ	ครูควรสื่อสารให้ เข้าใจตรงกัน เพื่อลดปัญหา
การใช้จดหมาย อิเล็กทรอนิกส์ ในนักศึกษา ปริญญาตรีไทย	Thongrin (2002)	ศึกษาการให้ข้อมูล ย้อนกลับผ่าน E-mail ของนักศึกษาไทย	เชิงทดลอง	จดหมาย อิเล็กทรอนิกส์	วัฒนธรรมเกรงใจ ทำให้การวิจารณ์ เน้นเชิงบวก
การเรียนรู้ ออนไลน์ ภาษาอังกฤษ ระดับบัณฑิต ศึกษา	นิธิดา อดิภัทรนันท์ (2547)	พัฒนาคุณภาพ การสอนออนไลน์ ในวิชา ภาษาอังกฤษ	เชิงสำรวจ	แบบสอบ ถามบทเรียน ออนไลน์	บทเรียนออนไลน์ ช่วยเพิ่มทักษะ การเขียนแต่ยัง ชอบตัวต่อตัว
ผลของข้อมูล ย้อนกลับใน เกมมัลติมีเดีย	พรพิมล รอตเคราะห์ (2550)	ศึกษาผลสัมฤทธิ์ ของรูปแบบการให้ ข้อมูลย้อนกลับ	เชิงทดลอง	เกมมัลติมีเดีย เพื่อการศึกษา	รูปแบบข้อมูล ย้อนกลับในเกม ไม่ได้มีผล แตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ
การควบคุม ข้อมูลย้อนกลับ ในบทเรียน คอมพิวเตอร์	สุรรัตน์ คนกล้า (2545)	ศึกษาการคิด และควบคุมข้อมูล ย้อนกลับ	เชิงทดลอง	บทเรียน คอมพิวเตอร์ ช่วยสอน	รูปแบบ การควบคุม ข้อมูลย้อนกลับ ไม่ส่งผลต่อ

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
					ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน
รูปแบบการ สอนการเขียนภ ษาอังกฤษ	Steendam et al. (2010)	เปรียบเทียบ การสอนแบบจับคู่ กับเรียนคนเดียว	เชิงทดลอง	แบบฝึก การเขียน	การเรียนรู้แบบ จับคู่ ส่งเสริมการสอน การเขียน มากกว่าคนเดียว
การให้ข้อมูล ย้อนกลับ แบบทันที ระหว่างสอบ	Epstein and Brosvic (2001)	ศึกษาการให้ข้อมูล ย้อนกลับทันที ในข้อสอบ	เชิงทดลอง	ข้อสอบ เลือกตอบ	การให้ข้อมูล ย้อนกลับทันที ช่วยจำและทำ คะแนนได้สูงขึ้น
การเลือกรับ ข้อมูล ย้อนกลับใน คอมพิวเตอร์	พรศิริ สิทวิกุลสมบูรณ์ (2539)	ศึกษารูปแบบ การเลือกรับข้อมูล ย้อนกลับ	เชิงทดลอง	บทเรียน คอมพิวเตอร์ ช่วยสอน	ผู้เรียนชอบ ข้อมูลย้อนกลับ ที่มีคำอธิบาย
การพัฒนา แอปพลิเคชัน เรื่องฟังก์ชัน	กษิตธร ขวัญละมูล (2565)	พัฒนาแอปมือถือ เสริมทักษะ คณิตศาสตร์	เชิงพัฒนา	แอปพลิเคชัน Android	แอปพลิเคชัน ช่วยพัฒนาทักษะ คณิตศาสตร์ได้ดี และนักเรียนชอบ
การพัฒนา แผนเรียนรู้ สถิติผ่าน แอปพลิเคชัน	ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2562)	พัฒนาแผน การสอน สถิติด้วย แอปพลิเคชัน	เชิงพัฒนา	แอปพลิเคชัน แบบทดสอบ	การใช้ แอปพลิเคชัน ช่วยเพิ่ม ผลสัมฤทธิ์ และความพึงพอใจ ของนักเรียน
การพัฒนา ระบบวินิจัย มโนทัศน์ที่คาด เคลื่อนในวิชา เคมีฯ	สุรเดช อนันตสวัสดิ์ (2554)	1) สํารวจมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน 2) พัฒนาแบบสอบ วินิจัยสามระดับ 3) พัฒนาระบบ วินิจัย	วิจัยเชิง พัฒนา 3 ระยะ: สำรวจ, พัฒนา, ทดลองใช้	แบบ สัมภาษณ์, แบบสอบ 2-3 ระดับ, ระบบ วินิจัย,	พบมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน 40 รายการ, แบบสอบ มีคุณภาพตาม CTT และ IRT, ระบบมีความ

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
		4) ตรวจสอบ คุณภาพพระบาท		แบบ ประเมิน คุณภาพ และความ พึงพอใจ	เหมาะสมและใช้ งานง่าย
การพัฒนา รูปแบบการ ทดสอบเพื่อ เพิ่มศักยภาพ การเรียนรู้	ณภาพัช พรหมแก้ว งาม (2565)	1) พัฒนารูปแบบ การทดสอบ 2) ตรวจสอบ คุณภาพ 3) ศึกษาผลการใช้ 4) ประเมิน ประสิทธิผล	วิจัยทดลอง แบ่งตาม Learning Style วิเคราะห์ ด้วย MANCOVA	แบบ สอบถาม Learning Style, แบบทดสอบ ก่อน-หลัง, แบบทดสอบ ระหว่าง เรียน	รูปแบบทดสอบ เหมาะสม แต่ไม่มี ปฏิสัมพันธ์ของ รูปแบบกับ ผลสัมฤทธิ์ นักเรียนส่วนใหญ่ มีพัฒนาการ ระดับกลาง
การพัฒนาแบบ สอบวินิจฉัย การรู้เรื่อง คณิตศาสตร์	ไพฑูรย์ เอื้อบุญ ประดิษฐ์ (2563)	1) พัฒนาแบบสอบ วินิจฉัย 2) ตรวจสอบ คุณภาพ3) วินิจฉัย ข้อบกพร่อง	วิจัยพัฒนา ใช้วิธีลำดับ ชั้นของคุณ ลักษณะ, วิเคราะห์ CFA, แคปปา	แบบสอบ วินิจฉัย 32 ข้อ, วิเคราะห์ ด้วย Bayesiar Network	แบบสอบมีความ ตรง/เที่ยงดี พบข้อบกพร่อง 56.17% โดยมาก ใน “การใช้ หลักการ แก้ปัญหา”
ผลของรูปแบบ การให้ข้อมูล ย้อนกลับแบบ ผสม	สุวรรณ์ ทองพันชั่ง (2560)	1) เปรียบเทียบ พัฒนาการตาม รูปแบบข้อมูล ย้อนกลับ 2) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ กับระดับ ความสามารถ	วิเคราะห์ ANOVA ทางเดียว และสองทาง	แบบทดสอบ ก่อน-หลัง, แบบฝึก ทักษะผ่าน คอมพิวเตอร์	ข้อมูลย้อนกลับ แบบ “บอก คำตอบ+อธิบาย” ส่งผลดี โดยเฉพาะ ในกลุ่ม ความสามารถสูง
ปฏิสัมพันธ์ ระหว่าง ประเภทข้อมูล	ฉันทบูรณ์ ธัญลักษณ์ มระระ (2563)	1) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ ของข้อมูลย้อนกลับ	วิเคราะห์ ANOVA	แบบฝึก, แบบวัด ความ	ปฏิสัมพันธ์มี

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
ย้อนกลับเชิง โต้ตอบฯ		กับระดับ ความสามารถ 2) เปรียบเทียบ พัฒนาการการ แก้ปัญหา	ซ้ำซ้อน และ สัมผัส	สามารถ และ อภิปัญญา	ผลต่อ “ความสามารถใน การแก้โจทย์” แต่ไม่กระทบ “อภิปัญญา”
การพัฒนา ระบบการ ทดสอบฯ ด้วย ข้อมูลย้อนกลับ ทันที	จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ (2560)	1) พัฒนาระบบการ ทดสอบแบบข้อมูล ย้อนกลับทันที 2) ศึกษาผลการใช้ 3) ประเมินคุณภาพ 4) ปรับปรุงระบบ	วิเคราะห์ ความ แปรปรวน สองทาง และแบบไม่ อิสระ	แบบทดสอบ พันธุศาสตร์, แบบ ประเมิน ตนเอง	ระบบเพิ่ม ผลสัมฤทธิ์ทุกกลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะแบบ MC ใช้ได้ผลดี
การศึกษา รูปแบบการให้ ข้อมูลย้อนกลับ และแบบการ เรียนของผู้เรียน ในระบบ e- learning	Vasilyeva และคณะ (2007)	ศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างรูปแบบการ ให้ข้อมูลย้อนกลับ กับแบบการเรียน ของผู้เรียน	ทดลองนำ ร่อง	แบบการ เรียน Felder & Silverman (3 มิติ), Quiz Module	ผู้เรียนแบบ reflective และ intuitive ได้ผลดี จากข้อมูล ย้อนกลับแบบทันที และละเอียด ส่วน active, sensing และ global ได้ผล ดีกว่าจากข้อมูล ย้อนกลับแบบทันที ที่บอกผลการตอบ
การให้ข้อมูล ย้อนกลับตาม แบบการเรียน ของผู้เรียน	Parvez และ Blank (2008)	ศึกษาผลของการให้ ข้อมูลย้อนกลับ หลายระดับตาม แบบการเรียน	ไม่ระบุ ชัดเจน (น่าจะกึ่ง ทดลอง)	แบบการเรียน Felder & Silverman (4 มิติ), ข้อมูล ย้อนกลับ แบบหลาย ระดับ	ผู้เรียนที่ได้รับ ข้อมูลย้อนกลับที่ เหมาะกับแบบ การเรียนของ ตนเองจะเกิด การเรียนรู้ได้ อย่างมี ประสิทธิภาพ

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
รูปแบบการให้ ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อส่งเสริม ทักษะการเขียน เชิงวิเคราะห์ สำหรับนักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 3	ชนกพร พิทักษ์ และ คณะ (2563)	พัฒนารูปแบบการ จัดการเรียนรู้โดย การให้ข้อมูล ย้อนกลับเพื่อ ส่งเสริมทักษะการ เขียนเชิงวิเคราะห์	วิจัย ปฏิบัติการ ในชั้นเรียน (Classroom Action Research)	แผนการ จัดการเรียนรู้ 4 แผน, แบบฝึกทักษะ 4 แบบ	การให้ข้อมูล ย้อนกลับช่วยให้ นักเรียนมี พัฒนาการการ เขียนเชิงวิเคราะห์ ระดับกลางถึงสูง โดยคะแนน พัฒนาการเพิ่มขึ้น ตามลำดับแบบฝึก ทักษะ
การให้ข้อมูล ย้อนกลับเพื่อ แก้ไขความ เข้าใจที่ คลาดเคลื่อนต่อ การเขียน บทสรุปและ วิจารณ์ผลการ ทดลองทาง วิทยาศาสตร์	วิไลพร ลักขมี วาณิชย์ (2558)	สำรวจความเข้าใจที่ คลาดเคลื่อนและ ติดตามพัฒนาการ การเขียนบทสรุป และวิจารณ์ผลการ ทดลอง	การสังเกต และติดตาม พัฒนาการ ในกลุ่ม นักศึกษาที่ เรียนวิชา ปฏิบัติการ	การวิเคราะห์ งานเขียนของ นักศึกษา ในรายวิชา ต่าง ๆ	การให้ข้อมูล ย้อนกลับช่วยลด ความคลาดเคลื่อน ในการเขียน และ เพิ่มความสามารถ ในการสรุปและ วิจารณ์ผลการ ทดลองได้อย่างมี ประสิทธิภาพ
ผลการให้ข้อมูล ย้อนกลับจาก การประยุกต์ใช้ โปรแกรมโค้ดที่ มีต่อพัฒนาการ การคิด แก้ปัญหาของ นักเรียน ประถมศึกษา	ภัทราวดี ชุ่ม นวล (2564)	สร้างและตรวจสอบ คุณภาพข้อมูล ย้อนกลับ และ วิเคราะห์พัฒนาการ การคิดแก้ปัญหา	Pretest- posttest time series design	แบบวัด ทักษะการ คิดแก้ปัญหา, การวิเคราะห์ ข้อมูล ด้วยสถิติ	นักเรียนมี พัฒนาการการคิด แก้ปัญหาสูงสุด ใน ระยะที่ 4 อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ
การพัฒนา คุณภาพงาน	สง่า วงศ์ไชย (2564)	พัฒนาคุณภาพงาน เขียนโดยใช้ข้อมูล	การ วิเคราะห์	ขั้นตอนการ ให้ข้อมูล	การให้ข้อมูล ย้อนกลับช่วยให้

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
เขียนโดยการให้ ข้อมูลย้อนกลับ: กรณีศึกษา แบบทดสอบ อัตนัย ระดับชาติ		ย้อนกลับใน กระบวนการเรียนรู้	กระบวนการ ให้ข้อมูล ย้อนกลับใน บริบทการ เรียนรู้	ย้อนกลับ 4 ชั้น, การประเมิน เพื่อ การเรียนรู้	ผู้เรียนเข้าใจและ ปรับปรุงงานเขียน ได้ดีขึ้น ส่งผลต่อ การพัฒนาทักษะ และสมรรถนะการ เรียนรู้อย่างมี ประสิทธิภาพ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

ชรินทร์ตัน ด้วงธรรม และ วรินทร์ พูนไพบูลย์พัฒน์ (2565) การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่สำคัญอย่างหนึ่งในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง แต่จากผลการประเมิน PISA ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ ที่พัฒนาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์และเพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 37 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดเพชรบูรณ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจร เวลา 14 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรมแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ตามกระบวนการคิดให้ เป็นคณิตศาสตร์ที่พัฒนาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์มีประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ การใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงใกล้ตัว หรือมีประโยชน์ต่อนักเรียน การใช้คำถามนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาและคำถาม กระตุ้นคิด การทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็น การให้คำแนะนำในกลุ่มย่อยอย่างทันทั่วทั้งที่และการเตรียมความพร้อมของสื่อและโปรแกรม 2) นักเรียนมีพัฒนาการของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 กระบวนการ โดยมีพัฒนาการการคิด/แปลงสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์มากที่สุด

รองลงมา คือ การใช้หลักการ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และการตีความ และประเมินผลลัพธ์ตามลำดับ

สรียา โชติธรรม, ธนันท์ ธนารัชตะภูมิ, และอุษณี ลลิตพसान (2563) การพัฒนา โปรแกรมส่งเสริมกรอบความคิดแบบเติบโตเพื่อยกระดับความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดกรุงเทพมหานคร ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 จากสำนักการศึกษากรุงเทพมหานคร และสำนักการศึกษากรุงเทพมหานคร การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมกรอบความคิดแบบเติบโตเพื่อยกระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ 2) เพื่อประเมินผลของโปรแกรมส่งเสริมกรอบความคิดแบบเติบโตเพื่อยกระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ และ 3) เพื่อประเมินผลการใช้โปรแกรมส่งเสริมกรอบความคิดแบบเติบโตเพื่อยกระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดกรุงเทพมหานคร 2 ห้องเรียน ประกอบด้วย กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรม 1 ห้องเรียน จำนวน 21 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้โปรแกรม 1 ห้องเรียน จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย โปรแกรมการสอน แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ และแบบบันทึกการสนทนากลุ่ม การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย คะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย บทนำ แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยทั้งหมด 8 หน่วย ๆ ละ 2 คาบ (คาบละ 60 นาที) แบบฝึกหัด และคำแนะนำในการใช้โปรแกรมสำหรับครู (คู่มือการใช้โปรแกรม สำหรับครู) 2) หลังเข้าร่วมโปรแกรม นักเรียนในกลุ่มทดลองมีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรม และหลังเข้าร่วมโปรแกรม นักเรียนในกลุ่มทดลองมีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์และมีพัฒนาการ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม 3) นักเรียนที่ทดลองใช้โปรแกรมการส่งเสริมกรอบความคิดเห็นแบบเติบโตเพื่อยกระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ให้ความเห็นต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแง่ของความเหมาะสมของบรรยากาศ เวลา และกิจกรรมว่าด้านบรรยากาศ บรรยากาศของการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสม ครูผู้สอนมีอรรถาศัยดี ตลก ทำให้นักเรียนเรียนได้อย่างมีความสุข ในขณะที่ด้านระยะเวลา นักเรียนระบุว่าระยะเวลาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละชุดกิจกรรมสามารถดำเนินการได้ตั้งแต่เวลา 1-2 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม เวลาที่เหมาะสมที่สุดจะประมาณ 1 ชั่วโมง สำหรับด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้พบว่า ควรให้ครูผู้สอนมีการทบทวนเนื้อหาที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรมในโปรแกรม ๆ ก่อนการทำกิจกรรม เพราะแม้เนื้อหาจะเป็นเรื่องที่เรียนมาแล้วแต่บางครั้งนักเรียนลืม การที่ครูผู้สอนทบทวนให้ก่อนการทำกิจกรรมในโปรแกรม ๆ ทำให้นักเรียนเข้าใจสาระของกิจกรรมได้ดียิ่งขึ้น และนักเรียนพึงพอใจที่ครูผู้สอนให้ข้อมูลย้อนกลับเฉลยคำตอบ

ทันทีในคาบเรียน ยกเว้นกรณีที่ทำไม่เสร็จในคาบเรียน ก็สามารถเฉลยคำตอบในคาบเรียนถัดไปได้ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อที่ใช้ ในการจัดการเรียนรู้และพึงพอใจต่อกิจกรรมในภาพรวมเป็นอย่างมาก นอกจากนี้นักเรียนรายงานว่าโปรแกรมนี้มีประโยชน์และการเรียนรู้ที่เกิดจากการใช้โปรแกรม ฯ ใน 3 ประเด็นสำคัญ ได้แก่ (1) การนำไปประยุกต์ใช้ ในชีวิตประจำวัน (2) การใช้ประโยชน์สำหรับการเรียนในปัจจุบัน และ (3) การใช้ประโยชน์สำหรับอาชีพในอนาคต

มะลิวรรณ งามยิ่ง (2563) การพัฒนาหลักสูตรความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนางค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา 2) พัฒนาหลักสูตรความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา และ 3) ศึกษาประสิทธิผล ของหลักสูตรความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงอย่างมีจุดมุ่งหมาย จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยแบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา หลักสูตรความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา แบบประเมินประสิทธิภาพโครงสร้างหลักสูตร โดยผู้เชี่ยวชาญ แบบบันทึกผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา และแบบประเมินความพึงพอใจต่อหลักสูตร ขั้นตอนในการพัฒนาหลักสูตรมี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนางค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนที่ 3 การสร้างและการพัฒนาหลักสูตร และประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และดัชนีความสอดคล้อง IOC ขั้นตอนที่ 4 การทดลองใช้และการประเมินผลหลักสูตร นำหลักสูตรไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเป็นเวลา 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละหนึ่งครั้ง ครั้งละ 2 ชั่วโมง และทดสอบหลังเรียน 1 ชั่วโมง รวมใช้เวลาทดลองทั้งสิ้น 25 ชั่วโมง และประเมินความพึงพอใจต่อหลักสูตร วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนที่ 5 การปรับปรุงหลักสูตร ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนที่ 4 มาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้หลักสูตรฉบับสมบูรณ์พร้อมนำไปเผยแพร่ ผลการวิจัยพบว่า

1) องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก 10 องค์ประกอบย่อย และ 10 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 เนื้อหาคณิตศาสตร์ มี 2 องค์ประกอบย่อย 2 ตัวบ่งชี้ องค์ประกอบที่ 2 ทักษะและ

กระบวนการทางคณิตศาสตร์ มี 4 องค์ประกอบย่อย 4 ตัวบ่งชี้ องค์ประกอบที่ 3 สถานการณ์/บริบท มี 4 องค์ประกอบย่อย 4 ตัวบ่งชี้

2) หลักสูตรความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษา ประกอบด้วย เอกสาร 2 ชุด ได้แก่ เอกสารหลักสูตรและเอกสารประกอบหลักสูตร ผลการประเมินประสิทธิภาพ ในด้านความเหมาะสมของหลักสูตรและความสอดคล้องขององค์ประกอบในหลักสูตรพบว่า หลักสูตร มีความเหมาะสมในระดับมากและองค์ประกอบของหลักสูตรมีความสอดคล้องกัน 3) ประสิทธิภาพ ของหลักสูตรความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาพบว่า นักเรียนมีผล การประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการบันทึกผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ระหว่าง เรียนของทุกหน่วยการเรียนรู้เฉลี่ยในระดับดีจากการทดสอบหลังเรียนโดยแบบทดสอบ ปรากฏว่า คะแนนที่ได้จากการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.46 ซึ่งมีค่า มากกว่าคะแนนจุดตัด (6.00) และผลการประเมินความพึงพอใจต่อหลักสูตรอยู่ในเกณฑ์มีค่าเฉลี่ย 4.75 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.73

มะลิวรรณ งามยิ่ง, รุ่งทิวา แยมรุ่ง, และชมนาด เชื้อสุวรรณทวี (2564) การพัฒนา องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ระดับประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ ศึกษาที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 6 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาตัวบ่งชี้ที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 3 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา มีขั้นตอนในการพัฒนาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ระดับประถมศึกษาทั้งหมด 6 ขั้นตอน คือ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน 2) สร้างองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ 3) การสร้างแบบประเมินความเหมาะสม 4) ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ความเหมาะสม 5) การตรวจสอบความเหมาะสม 6) การวิเคราะห์ผลและปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะ หลังจากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ระดับประถมศึกษา ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก 10 องค์ประกอบย่อยและ 10 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 เนื้อหาคณิตศาสตร์ มี 2 องค์ประกอบย่อย 2 ตัวบ่งชี้ องค์ประกอบที่ 2 ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มี 4 องค์ประกอบย่อย 4 ตัวบ่งชี้ องค์ประกอบที่ 3 สถานการณ์/บริบทมี 4 องค์ประกอบย่อย 4 ตัวบ่งชี้ และผลการตรวจสอบความเหมาะสมของ องค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา องค์ประกอบและตัวบ่งชี้

มีความเหมาะสมมากถึงมากที่สุดและค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) มีค่าตั้งแต่ 4.00 – 4.89 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าตั้งแต่ 0.33 – 1.32 แสดงว่าองค์ประกอบและ ตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา มีความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

พิไลพร แซ่มซ้อย (2552) การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาปทุมธานี เขต 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาปทุมธานีเขต 2 กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนโรงเรียนแย้มสอาดรังสิต จำนวน 35 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ใช้เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแบบรวมองค์ประกอบ และตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบในด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (IOC) ค่าความยาก (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) และความเชื่อมั่นใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า 1) ค่าความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนมีค่าเท่ากับ 1.00 2) ค่าความยาก (P) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าอยู่ระหว่าง .583 - .759 3) ค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .481 - .722 4) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบาค มีค่า .786

พัชรี จันทรเพ็ง และคณะ (2563) ได้ศึกษาโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์รอง เพื่อ (1) วิเคราะห์รูปแบบการตอบของผู้เรียนจากผลการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นเรียนและระดับนานาชาติ (2) พัฒนารอบการประเมินสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ และ (3) พัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนจำเพาะบุคคลและภาพรวม วิธีการวิจัยใช้การวิจัยอิงการออกแบบร่วมกับโมเดลเชิงโครงสร้างและโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ โดยมุ่งเน้นการทำงานร่วมกันระหว่างนักวิจัย ครู ผู้บริหาร ผู้ปกครอง และวิศวกรทางคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนา

นวัตกรรมต้นแบบและกำหนดมาตรฐานการประเมินกับผู้สอบระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 ระดับ การศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 4,646 คน ที่ครอบคลุม 4 ภูมิภาค ผลการวิจัยพบว่า (1) รูปแบบ การตอบของผู้เรียนสามารถจำแนกออกเป็น 3 ลักษณะ คือ กระบวนการ กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยทั้ง 3 ลักษณะมุ่งเน้น การแก้ปัญหาที่สามารถเชื่อมโยงระหว่าง โลกคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริง (2) กรอบการประเมิน ความสามารถทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 2 มิติ คือ กระบวนการทางคณิตศาสตร์และโครงสร้างความคิด รวบรวมผ่าน ชุดเครื่องมือวินิจฉัยในระบบการทดสอบออนไลน์ เรียกว่า “eMAT-Testing” จำนวน 9 ชุด ที่มีทั้งแบบทดสอบแบบเลือกตอบอัตนัย และผสมที่ครอบคลุม 3 สาระ โดยเครื่องมือทุกชุดมีคุณภาพ แสดงให้เห็นถึงหลักฐานความตรง ความเที่ยงและความสอดคล้องของข้อสอบรายข้อ (3) เทคโนโลยี ที่พัฒนาขึ้นมุ่งเน้นการรายงานผลเพื่อวินิจฉัยผู้เรียนเป็นรายบุคคลและภาพรวมแบบเรียลไทม์ ผ่าน Web Application ที่รองรับระบบ iOS Android และ Window ในแพลตฟอร์มดิจิทัล เรียกว่า “ระบบการรายงานผลการวินิจฉัย ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์” หรือ “DMAT” ผลการตรวจสอบคุณภาพของการใช้งานจริง พบว่า (i) ลดขั้นตอนการทำงานของครูหรือผู้ใช้ (ii) ประหยัดกำลังคน ลดระยะเวลาในการประมวลผล (iii) วินิจฉัย ผู้เรียนได้ในหลายมิติและเรียลไทม์ (iv) ไม่จำกัดจำนวนผู้สอบในการทดสอบและประมวลผล (v) ไม่ใช้กระดาษ และลดงบประมาณ ในการจัดทำรายงาน ทั้งแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ สำหรับครู นักเรียนและ ผู้ปกครอง (vi) จัดเก็บฐานข้อมูลอย่างเป็นระบบในการติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนในระดับชั้นที่สูงขึ้น งานวิจัย ครั้งนี้ได้ค้นพบองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับวิธีการกำหนดมาตรฐานการประเมินระดับ ความสามารถ ทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยลดขั้นตอน กระบวนการ และระยะเวลาในการประมวลผลสำหรับ การวิจัย ในอนาคต ควรมีการพัฒนาวิธีการตรวจให้คะแนนและวิธีการกำหนดจุดตัดอัตโนมัติสำหรับ แบบทดสอบอัตนัยโดยผ่านเทคโนโลยีดิจิทัลแบบเรียลไทม์ รวมถึงการออกแบบวิธีการให้ข้อมูล ป้อนกลับ และการรายงานผลผู้เรียนจำเพาะบุคคลด้วยการโต้ตอบผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ ทางดิจิทัลเพื่อเชื่อมโยง ให้เห็นระหว่างหลักสูตร การเรียนการสอนและการประเมินผล

ผลการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ที่กล่าวถึงเบื้องต้น รายละเอียดดังปรากฏในตาราง 10

ตาราง 10 สัณเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
การพัฒนา ความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ ด้วยการเรียนรู้ ออนไลน์ตาม กระบวนการคิด ให้เป็น คณิตศาสตร์	ชรินทร์ ด้วงธรรม และ วรินทร์ พูนไพบูลย์ พิพัฒน์ (2565)	ศึกษาแนวทางการจัด การเรียนรู้ออนไลน์ เพื่อพัฒนา ความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์	วิจัย ปฏิบัติการ 3 วงจร	แผนการจัด การเรียนรู้, ใบกิจกรรม, แบบสะท้อนผล, แบบทดสอบวัด ความฉลาดรู้	แนวทางการเรียนรู้ เน้นสถานการณ์จริง คำถามกระตุ้นคิด และการให้ คำแนะนำ ในกลุ่มย่อย
การพัฒนา โปรแกรม ส่งเสริมกรอบ ความคิดแบบ เติบโตเพื่อ ยกระดับความ ฉลาดรู้ด้าน คณิตศาสตร์	สรียา โชติธรรม, ธนันท์ ธนรัชตะภูมิ และอุษณิ ลลิตผสาน (2563)	พัฒนาและประเมิน โปรแกรมส่งเสริม กรอบความคิด แบบเติบโต เพื่อยกระดับ ความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์	กึ่งทดลอง (กลุ่ม ทดลอง- ควบคุม) ความฉลาดรู้ แบบบันทึก การสนทนา	โปรแกรม การสอน, แบบทดสอบ ความฉลาดรู้ แบบบันทึก การสนทนา	โปรแกรมช่วยให้ นักเรียนพัฒนา ความฉลาดรู้ และมีความ พึงพอใจสูง
การพัฒนา หลักสูตรความ ฉลาดรู้ด้าน คณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน ระดับ ประถมศึกษา	มะลิวรรณ งามยิ่ง (2563)	พัฒนาองค์ประกอบ ตัวบ่งชี้และหลักสูตร ความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์	พัฒนา หลักสูตร และ ทดลองใช้	แบบประเมิน, แบบทดสอบ, แบบบันทึกผล	หลักสูตรสามารถ เสริมความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ ได้ดี
การพัฒนา องค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ ความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์	มะลิวรรณ งามยิ่ง, รุ่งทิวา แย้มรุ่งและ ชมนาด เชื้อสุวรรณทวิ	พัฒนาองค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ ความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์	ศึกษา เอกสาร และ ประเมิน โดย ผู้เชี่ยวชาญ	แบบประเมิน ความเหมาะสม องค์ประกอบ และตัวบ่งชี้	องค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ ผ่านการวิเคราะห์ เชิงปริมาณ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
(2564)					
การพัฒนา แบบทดสอบ วัดความสามารถ ในการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์	พิไลพร แฉ่มซ้อย (2552)	พัฒนาแบบทดสอบ วัดความสามารถ แก้ปัญหา คณิตศาสตร์	พัฒนา เครื่องมือ และ ตรวจสอบ คุณภาพ	แบบทดสอบ อัตร้อย 5 ข้อ	แบบทดสอบมีคุณภ าพ เหมาะสมสำหรับวัด ความสามารถแก้ ปัญหาคณิตศาสตร์ ระดับประถมปลาย
การสร้าง เครื่องมือวินิจฉัย ระดับความ สามารถ ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ เทคโนโลยี สารสนเทศ	พัชรี จันทร์เพ็ญ และคณะ (2563)	สร้างเครื่องมือ วินิจฉัย ความสามารถ ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เทคโนโลยี	วิจัยเชิง ออกแบบ ร่วมกับ โมเดล เชิง โครงสร้าง	เครื่องมือ eMAT-Testing และระบบ DMAT	ระบบ DMAT พัฒนาระบบการ ประเมินความ สามารถทางคณิต ศาสตร์ให้มี ประสิทธิภาพสูงขึ้น

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคะแนนพัฒนาการ

สุวรรณี ทองพันชั่ง (2560) ได้ศึกษาผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสมที่แตกต่างกันด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในแต่ละระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ได้รับรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสมที่แตกต่างกัน 2) เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสมและระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่มีต่อพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างคือผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 154 คน แบ่งเป็นผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ระดับสูง ปานกลาง และต่ำ โดยผู้เรียนในแต่ละความสามารถจะได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบผสม 4 รูปแบบ (ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายรายละเอียดโดยการโต้ตอบ ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและให้การชี้แนะโดยการโต้ตอบ, ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องให้การชี้แนะ และอธิบายรายละเอียด และข้อมูลย้อนกลับ

แบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบความสามารถด้านคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน 2) แบบฝึกทักษะเรื่องความสามารถด้านคำนวณผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบสองทาง การวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์โดยใช้การสร้างข้อสรุปเชิงอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า 1. ผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับสูง ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายรายละเอียดด้วยการโต้ตอบมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายรายละเอียดด้วยการโต้ตอบ, ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและให้การชี้แนะด้วยการโต้ตอบ และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับปานกลางและต่ำที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องให้การชี้แนะ และอธิบายรายละเอียด มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายรายละเอียดด้วยการโต้ตอบ, ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและให้การชี้แนะด้วยการโต้ตอบ และข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 2. มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์กับรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสมต่อพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จักรกฤต กรฐินหอม (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการอ่านคำของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ด้วยแบบฝึกทักษะการอ่านด้วยสี ผลวิจัยพบว่าการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบทักษะการอ่านคำของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังใช้แบบฝึกทักษะการอ่านด้วยสี และ 2) ศึกษาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ใช้แบบฝึกทักษะการอ่านด้วยสี ประชากร นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดบางพา จำนวน 30 คน ซึ่งการวิจัยเป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการสอน จำนวน 8 แผน ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ทุกแผน (ค่าเฉลี่ย.3.33 – 4.0) และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ โดยมีค่า IOC ระหว่าง 0.61 – 1.00 ค่าความยาก ระหว่าง 0.43 – 0.73 ค่าอำนาจจำแนก ระหว่าง 0.25 – 0.75 ค่าความเที่ยงทั้งฉบับโดยมีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค = 0.757 การวิเคราะห์ ข้อมูลใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และการวิเคราะห์สถิติที แบบกลุ่มเดียว ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยแบบฝึกทักษะ

การอ่านด้วยสี มีพัฒนาการทางการอ่าน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และนักเรียนทุกคนมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 62.54

วาปี คงอินทร์ (2566) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวัดประดู่ในทรวงธรรมโดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุก ร่วมกับเทคนิค SQ4R ผลวิจัยพบว่า การวิจัยก่อนการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบ ทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ เพื่อความเข้าใจ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิค SQ4R และ 2) ศึกษาพัฒนาการสัมพัทธ์ทักษะการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวัดประดู่ในทรวงธรรม หลังการจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิค SQ4R กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนวัดประดู่ในทรวงธรรม ที่เรียน ในรายวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการ สุ่มแบบกลุ่มโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการ เรียนรู้การพัฒนาความสามารถในการอ่านเพื่อความเข้าใจ โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับ เทคนิค SQ4R และเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการอ่านเพื่อความเข้าใจเป็น แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกันและ การวิเคราะห์ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ สรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้ 1) กลุ่มตัวอย่างมีทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ เพื่อความเข้าใจหลังเรียนโดยใช้การจัดการ เรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิค SQ4R สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ เพื่อความเข้าใจของกลุ่มตัวอย่าง หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิค SQ4R เฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับร้อยละ 59.72 ซึ่ง อยู่ในระดับสูง

จุฑารัตน์ ศรีสว่าง (2567) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์การอ่านคิดวิเคราะห์โดยใช้นิทาน สอนใจของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนบ้านโสก อำเภอกอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การอ่านคิดวิเคราะห์ที่สอนโดยใช้นิทานสอนใจ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 2) เพื่อศึกษาพัฒนาการการอ่านคิดวิเคราะห์ของ นักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนโดยใช้นิทานสอนใจ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยได้แก่ นักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนบ้านโสก จำนวน 13 คนที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ได้มาจากวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการ จัดการเรียนรู้การอ่านคิดวิเคราะห์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การอ่านคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียน และหลังเรียน สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สถิติ Nonparametric การทดสอบค่า

Wilcoxon Signed Rank test for Matched Paired Difference ในการวิเคราะห์ข้อมูล ความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มเป้าหมาย ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทักษะการอ่าน คติวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้นิทานสอนใจ พบว่า คะแนนการทดสอบ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และ 2) ผลการวิเคราะห์ระดับ พัฒนาการด้านการอ่านคติวิเคราะห์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้นิทาน สอนใจจากการเปรียบเทียบคะแนนผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนเฉลี่ย หลังเรียน (16.75) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน (9.53) เท่ากับ 7.17 คิดเป็นร้อยละ 63.15 เมื่อนำมาคำนวณหาค่าพัฒนาการสัมพัทธ์พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 69.34 แสดงว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้นิทานสอนใจมีพัฒนาการด้านการอ่านคติ วิเคราะห์อยู่ในระดับสูง

ตะวัน รุ่งแสง และเมษา นวลศรี (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิด แก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสตอรี่ไลน์ เรื่อง ระบบนิเวศ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดแก้ปัญหาระหว่างก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้แบบสตอรี่ไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (2) เปรียบเทียบ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้แบบสตอรี่ไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ (3) ประเมินพัฒนาการความสามารถในการคิดแก้ปัญหาภายหลัง การจัดการเรียนรู้แบบสตอรี่ไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดปทุมธานี ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 33 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ และ (2) แบบทดสอบวัดความสามารถใน การคิดแก้ปัญหาการวิจัยนี้ใช้แบบแผนการทดลองเป็นแบบ 1 กลุ่ม ที่มีการทดสอบก่อน และหลัง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันผลการวิจัยพบว่า (1) ความสามารถในการคิด แก้ปัญหาของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสตอรี่ไลน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 (2) คะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของ นักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสตอรี่ไลน์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) ผลการประเมิน พัฒนาการความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสตอรี่ไลน์ ด้วยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ โดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับกลาง

พัชชา ห่อตระกูล และคณะ (2567) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์: แนวทางที่ดีกว่าในการประเมินกระบวนการเรียนรู้ทางวิสัยทัศน์วิทยา ผลงานวิจัยนี้พบว่า การประเมินผลการเรียนทั้งแบบอิงเกณฑ์และอิงกลุ่ม ด้วยแนวทางการใช้ตารางแจกแจงคุณลักษณะ

จำเพาะการวิเคราะห์ แบบทดสอบทางพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย ล้วนเป็นขั้นตอนสำคัญ ในกระบวนการเรียนรู้ ที่ต้องอาศัยเครื่องมือที่ผ่านการ ตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว ทั้งใน ด้านความตรงเชิงโครงสร้างและเนื้อหา ความเชื่อมั่น ความเป็นปรนัย ความยากง่าย และอำนาจ การจำแนก ก่อนนำไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยทั่วไปจะใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการประเมินเมื่อสิ้นสุดบทเรียน ส่วนในระหว่างการเรียนรู้การสอน อาจพิจารณาใช้คะแนน พัฒนาการสัมพัทธ์ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ เป็นกระบวนการวัดผลการเรียนมากกว่า 1 ครั้ง ด้วยแบบทดสอบที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน โดยการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ กับคะแนนก่อนการเรียนรู้การสอน ซึ่งนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการอ้างอิง จึงเป็นการประมาณค่า ที่มีความเชื่อมั่นดีกว่าการใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์เพียงอย่างเดียว และช่วยสะท้อนถึงความมุ่งมั่น ความเอาใจใส่ ความก้าวหน้า ในความสามารถที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียนได้อย่างเป็นธรรมชาติ จึงน่าจะมีความ เหมาะสมในการนำมาใช้ประเมินกระบวนการเรียนการสอน ในโครงการฝึกอบรมวิสัญญีวิทยา ที่เน้น การเรียนการสอนทั้งภาคทฤษฎีควบคู่การปฏิบัติ กับแพทย์ประจำบ้าน นักศึกษาแพทย์ และนักเรียน พยาบาล ตลอดจนผู้มีวุฒิภาวะพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ในการทำงานทางคลินิกที่แตกต่างกัน

ศุภลักษณ์ ใจแสงทรัพย์ (2547) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการ วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ ประการแรก เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลต่อพัฒนาการทางการเรียน คณิตศาสตร์ของนักเรียน ประการที่สองเพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการ โครงสร้าง ที่สร้างขึ้นระหว่างนักเรียนเพศชายและเพศหญิง และประการที่สาม เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยน ของโมเดลสมการโครงสร้างที่สร้างขึ้นระหว่างคะแนนพัฒนาการที่มีการตรวจให้คะแนนแบบทวิภาค (dichotomous) และคะแนนพัฒนาการที่มีการให้คะแนนความรู้บางส่วน (partial credit) ตัวแปร ที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ตัวแปรแฝง 7 ตัวแปร และตัวแปรสังเกตได้ 12 ตัวแปร กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัด กรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 334 คน และครูจำนวน 11 คน ข้อมูลในส่วนของคะแนนพัฒนาการวิชา คณิตศาสตร์เป็นข้อมูล ทุตติภูมิที่ได้จากคะแนนสอบวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีการเก็บข้อมูลจากการสอบซ้ำ 3 ครั้ง ห่างกัน ครั้งละ 4 สัปดาห์ โดยใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกัน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงบรรยาย การวิเคราะห์ สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และการวิเคราะห์ด้วยสถิติขั้นสูงโดยการวิเคราะห์เส้นทางและการวิเคราะห์ กลุ่มพหุ ด้วยโปรแกรมลิสเรล ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. โมเดลปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการ วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสอดคล้อง กับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีค่า $\chi^2 = 2.295$, $df = 5$, $p = 0.807$, $GFI = 0.999$, $AGFI = 0.982$ และ $RMR = 0.017$ ตัวแปรในโมเดล สามารถอธิบายความแปรปรวนของพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 58.9 2. ตัวแปรพัฒนาการ

ของการเรียนคณิตศาสตร์ ได้รับอิทธิพลทางตรงจากฐานะทางเศรษฐกิจของผู้ปกครองสูงสุด รองลงมา คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเดิม การศึกษาของครูผู้สอน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน และได้รับอิทธิพลทางอ้อมจากการศึกษาของผู้ปกครองสูงสุด โดยส่งผ่านทางฐานะทางเศรษฐกิจของผู้ปกครองและเจตคติ ต่อวิชาคณิตศาสตร์ รองลงมา คือ ฐานะทางเศรษฐกิจของผู้ปกครอง โดยส่งผ่านทางผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเดิม และการศึกษาของครูผู้สอน โดยส่งผ่านทางเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ 3. โมเดลปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพศชาย และเพศหญิง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความไม่แปรเปลี่ยนในด้านรูปแบบของโมเดล และในด้านพารามิเตอร์ LX LY และ GA 4. โมเดลปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้จากการตรวจ ให้ค่าคะแนนแบบทวิภาคและได้จากการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน มีความไม่แปรเปลี่ยนในด้านรูปแบบของ โมเดล และในด้านพารามิเตอร์ LX LY GA BE และ PS

สุวิมล ทองเรือนเหมือน (2562) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียน และก่อนเรียนโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเขียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบวาจา เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2) เปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเขียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบวาจา เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3) ประเมินความพึงพอใจต่อการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเขียนและการให้ ข้อมูลย้อนกลับแบบวาจา ประชากร คือ นักเรียนโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุพรรณบุรี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน สถิติที่ใช้ในงานวิจัยคือ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ GS (%) ค่าเฉลี่ย (μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ผลการวิจัยดังนี้ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเขียน มีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\mu = 14.9$ และ $\sigma = 3.25$) สูงกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ($\mu = 3.5$ และ $\sigma = 1.41$) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบวาจา มีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\mu = 17.1$ และ $\sigma = 4.48$) สูงกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเช่นกัน ($\mu = 3.8$ และ $\sigma = 1.25$) 2) คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบวาจา มีค่าคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย GS (%) = 62.44 สูงกว่าคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเขียน ซึ่งมีค่าคะแนน

พัฒนาการสัมพัทธ์ เฉลี่ย $GS (\%) = 53.15$ 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเขียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบ วาจามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบวาจามีความพึงพอใจสูงกว่าแบบเขียน 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเขียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบวาจามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบวาจามีความพึงพอใจสูงกว่าแบบเขียน

ผลการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคะแนนพัฒนาการ ที่กล่าวถึงเบื้องต้นรายละเอียดดังปรากฏในตาราง 11

ตาราง 11 สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคะแนนพัฒนาการ

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
ผลของรูปแบบ การให้ข้อมูลย้อน กลับแบบผสม ที่แตกต่างกันด้วย คอมพิวเตอร์ที่มี ต่อพัฒนาการ ความสามารถ ด้านจำนวนของ นักเรียนมัธยม ศึกษาตอนต้น	สุวรรณ์ ทองพันชั่ง (2560)	1) เปรียบเทียบ พัฒนาการความ สามารถด้านจำนวน ของผู้เรียนแต่ละ ระดับความสามารถ ทางคณิตศาสตร์ที่ได้ รับรูปแบบการให้ ข้อมูลย้อนกลับแบบ ผสมต่างกัน 2) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ ระหว่างรูปแบบการ ให้ข้อมูลย้อนกลับ แบบผสมและระดับ ความสามารถทาง คณิตศาสตร์ต่อ พัฒนาการความ สามารถด้านจำนวน	การวิจัย เชิง ทดลอง ใช้กลุ่ม ตัวอย่าง นักเรียน มัธยม ศึกษา ตอนต้น 154 คน แบ่งตาม ระดับ ความ สามารถ ทาง คณิตศาสตร์ และรูปแบบการ ให้ข้อมูล	1) แบบทดสอบ ความสามารถ ด้านจำนวน ก่อน-หลังเรียน 2) แบบฝึกทักษะ ผ่านโปรแกรม คอมพิวเตอร์	1) ผู้เรียนระดับสูง ได้ผลดีกับข้อมูล ย้อนกลับที่บอก คำตอบ+อธิบาย รายละเอียด+ โต้ตอบ 2) ผู้เรียนระดับ ปานกลางและต่ำ ได้ผลดีกับข้อมูล ย้อนกลับที่บอก คำตอบ+ ชี้แนะ+อธิบาย รายละเอียด 3) พบปฏิสัมพันธ์ ระหว่างระดับความ สามารถกับรูปแบบ การให้ข้อมูลย้อน กลับอย่างมี นัยสำคัญ ($p < .01$)

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
			ย้อนกลับ แบบผสม 4 แบบ		
การพัฒนาทักษะ การอ่านคำของ นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 3 ด้วยแบบฝึก ทักษะการอ่าน ด้วยสี	จักรกฤต กฐินหอม (2562)	1) เปรียบเทียบ ทักษะการอ่านคำ ก่อนหลังใช้ แบบฝึก 2) ศึกษาคะแนน พัฒนาการสัมพัทธ์	การวิจัย กึ่งทดลอง กลุ่ม ตัวอย่าง 30 คน	1) แผนการสอน 8 แผน (ผ่านการตรวจ สอบคุณภาพ) 2) แบบทดสอบ ปรนัย 20 ข้อ	หลังเรียนด้วยแบบ ฝึกนักเรียนมี ทักษะการอ่านสูง กว่าก่อนเรียนอย่าง มีนัยสำคัญ ($p < .05$) และทุกคนมี คะแนนพัฒนาการ สัมพัทธ์ $> 62.54\%$
การพัฒนาทักษะ การอ่านภาษา อังกฤษเพื่อความ เข้าใจของนัก เรียนชั้นมัธยม ศึกษาตอนปลาย โดยใช้การจัดกา เรียนรู้เชิงรุกร่วม กับเทคนิค SQ4R	วาปี คงอินทร์ (2566)	1) เปรียบเทียบ ทักษะการอ่านภาษา อังกฤษเพื่อความ เข้าใจก่อน- หลังสอนด้วย SQ4R 2) ศึกษาพัฒนาการ สัมพัทธ์	การวิจัย ก่อน-หลัง (One group pretest- posttest) กลุ่มตัว อย่าง 30 คน	1) แผนจัด การเรียนรู้ด้วย SQ4R 2) แบบทดสอบวัด ความสามารถ การอ่านเพื่อ ความเข้าใจ	หลังเรียนด้วย SQ4R ทักษะการอ่าน ภาษาอังกฤษเพื่อ ความเข้าใจสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) และมีคะแนน พัฒนาการสัมพัทธ์ เฉลี่ย 59.72%
การพัฒนาผลสัม ฤทธิ์การอ่านคิด วิเคราะห์โดยใช้ นิทานสอนใจของ นักเรียนชั้น ประถมศึกษา ปีที่ 3	จุฑารัตน์ ศรีสว่าง (2567)	1) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ การอ่านคิดวิเคราะห์ โดยใช้นิทานสอนใจ 2) ศึกษาพัฒนาการ การอ่านคิดวิเคราะห์	การวิจัย เชิงทดลอง แบบ เจาะจง กลุ่มตัว อย่าง 13 คน	1) แผนจัดการ เรียนรู้การอ่าน คิดวิเคราะห์ 2) แบบทดสอบ ก่อน-หลัง	หลังสอนด้วยนิทาน สอนใจคะแนนหลัง เรียนสูงกว่าก่อน เรียนอย่างมีนัย สำคัญ ($p < .05$) พัฒนาการสัมพัทธ์ เฉลี่ย 69.34% อยู่ในระดับสูง
การพัฒนาความ สามารถในการ รู้แสง และ	ตะวัน รุ่งแสง และ	1) เปรียบเทียบ ความสามารถ	การวิจัย	1) แผนการจัด การเรียนรู้	หลังสอนแบบสตอรี่ ไลน์ความสามารถ

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
คิดแก้ปัญหาของ นักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการ เรียนรู้แบบสตอรี ไลน์ เรื่อง ระบบนิเวศ	เมษา นวลศรี (2564)	ในการคิด แก้ปัญหาก่อน- หลังสอนแบบ สตอรีไลน์ 2) เปรียบเทียบ หลังเรียนกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 3) ประเมินพัฒนา การความสามารถ	เชิงทดลอง 1 กลุ่ม ทดสอบ ก่อน-หลัง กลุ่มตัว อย่าง 33 คน	2) แบบทดสอบ คิดแก้ปัญหา	คิดแก้ปัญหาสูงขึ้น และสูงกว่าเกณฑ์ 70% อย่างมีนัย สำคัญ ($p < .05$) พัฒนาการสัมพัทธ์ อยู่ในระดับกลาง
คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์: แนวทางที่ดีกว่า ในการประเมิน กระบวนการ เรียนรู้ ทางวิสัยทัศน์วิทยา	พิชชา ห่อตระกูล และคณะ (2567)	เสนอแนวทางการใช้ คะแนนพัฒนาการ สัมพัทธ์ในการ ประเมินผลการ เรียนรู้ที่สะท้อน ความก้าวหน้าและ ความมุ่งมั่นของ ผู้เรียน	การ วิเคราะห์ แนว ทางการ ประเมินผล การเรียนรู้ โดยใช้ คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์	แบบทดสอบ ที่ผ่านการ ตรวจสอบ คุณภาพด้าน ความตรง ความเชื่อมั่น และอำนาจ จำแนก	คะแนนพัฒนาการ สัมพัทธ์สามารถ สะท้อน ความก้าวหน้าและ ความตั้งใจของ ผู้เรียนได้ดีกว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ ทั่วไป เหมาะ สำหรับใช้ในบริบท การเรียนรู้ที่ หลากหลาย เช่น การฝึกอบรมวิสัยทัศน์ วิทยา
ปัจจัยที่ส่งผลต่อ คะแนน พัฒนาการวิชา คณิตศาสตร์ของ นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3	ศุภลักษณ์ ใจแสวง ทรัพย์ (2547)	ศึกษาความสัมพันธ์ เชิงสาเหตุของปัจจัย ที่ส่งผลต่อ พัฒนาการทางการ เรียนคณิตศาสตร์ และทดสอบความ ไม่แปรเปลี่ยนของ โมเดลระหว่างเพศ	การ วิเคราะห์ โมเดล สมการ โครงสร้าง ด้วย โปรแกรม LISREL	แบบทดสอบ คณิตศาสตร์ซ้ำ 3 ครั้ง, แบบสอบถาม, ข้อมูลทุติยภูมิ	ปัจจัยที่ส่งผลต่อ พัฒนาการทาง คณิตศาสตร์ ได้แก่ ฐานะทางเศรษฐกิจ ของผู้ปกครอง ผลสัมฤทธิ์เดิม และเจตคติของ นักเรียน โดยโมเดล

ชื่องานวิจัย	ผู้ทำวิจัย	วัตถุประสงค์ การวิจัย	วิธีวิจัย	เครื่องมือ ที่ใช้ใน งานวิจัย	สรุปผลงาน วิจัย
		และรูปแบบการให้ คะแนน			มีความสอดคล้อง กับข้อมูล เชิงประจักษ์ และไม่แปรเปลี่ยน ตามเพศหรือ รูปแบบการให้ คะแนน
การพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์โดย การให้ข้อมูล ย้อนกลับ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทา โกรัส	สุวิมล ทองเรือน เหมือน (2562)	เปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์และ คะแนนพัฒนาการ สัมพัทธ์ระหว่าง การให้ข้อมูล ย้อนกลับแบบเขียน และแบบวาจา รวมถึงประเมินความ พึงพอใจของ นักเรียน	การทดลอง ก่อนเรียน- หลังเรียน	แผนการจัดการ เรียนรู้, แบบทดสอบ ก่อน-หลังเรียน, แบบประเมิน ความพึงพอใจ	การให้ข้อมูล ย้อนกลับทั้งสอง รูปแบบช่วยเพิ่ม ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน โดยแบบ วาจาให้ผลดีกว่าใน ด้านคะแนน พัฒนาการสัมพัทธ์ และความพึงพอใจ ของนักเรียน

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

สุนทร เทียนงาม ศิริชัย กาญจนวาสี และดิเรก ศรีสุโข (2553) ได้ศึกษาผลความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่มีต่อความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ ค่าความสามารถของผู้สอบและค่าสาระสนเทศของแบบทดสอบเมื่อมีเงื่อนไขการทดสอบแตกต่างกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์ผลของระดับความเป็นอิสระของข้อสอบต่อความเที่ยงของแบบสอบ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถของผู้สอบและสาระสนเทศในแบบสอบด้วยโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ที่มีผลต่อจำนวนข้อสอบและขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน พร้อมด้วยวิเคราะห์ลักษณะความไม่เป็นอิสระของข้อสอบจากแบบสอบจริงในวิชาวิทยาศาสตร์และภาษาอังกฤษ จำนวนข้อแบ่งเป็น 3 กลุ่ม (30, 50, 80) ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็น 3 กลุ่ม (400, 800, 1200) โดยผลการวิจัยพบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าความเที่ยง (KR20) จะเพิ่มสูงขึ้นทุกเงื่อนไขของการทดสอบ เมื่อวิเคราะห์ข้อสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบปรากฏว่า เมื่อใช้โมเดล

1 พารามิเตอร์ ระดับความไม่เป็นอิสระสูงขึ้น ค่าความยากและค่าความสามารถไม่แตกต่างกัน ค่าสารสนเทศของ แบบทดสอบคงที่ เมื่อใช้โมเดล 2 พารามิเตอร์ พบว่า ค่าความยากลดลง แต่ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นและเมื่อใช้โมเดล 3 พารามิเตอร์ พบว่า ค่าความยาก ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบทดสอบมีแนวโน้มลดลงแต่ค่าอำนาจจำแนก ค่าการเดา ส่วนใหญ่มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของ ข้อสอบทั้งวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาภาษาอังกฤษ พบว่าข้อสอบส่วนใหญ่มีความไม่เป็นอิสระของ ข้อสอบเพียงเล็กน้อย

จิระนาฏ ฉวีวัฒน์ บัณฑิต อินสมบัติ และธีรยุทธ ภูเขา (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบคุณภาพของการปรับเทียบคะแนนตามแนวตั้งโดยการใช้แบบทดสอบร่วมภายใน ระหว่าง วิธีเชิงเส้นตรงกับวิธีทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบสามพารามิเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณภาพของการปรับเทียบคะแนนตามแนวตั้งโดยการใช้แบบทดสอบร่วมภายใน โดยการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนและความพอเพียงระหว่างวิธีเชิงเส้นตรงกับวิธีทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบสามพารามิเตอร์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,080 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคือแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ฉบับ พบว่า ความคลาดเคลื่อนของวิธีทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบสามพารามิเตอร์มีค่าน้อยกว่าวิธีเชิงเส้น ส่วนการทดสอบความพอเพียง ปรากฏว่า วิธีทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบสามพารามิเตอร์มีความพอเพียงในระดับความน่าพอใจ กว่าวิธีการ ปรับเทียบเชิงเส้นตรง ซึ่งทำให้ทราบว่าวิธีทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบสามพารามิเตอร์มีคุณภาพ กว่าวิธีเชิงเส้นตรง

ณรงค์ จันทรมหา (2554) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีจำนวนข้อสอบทำหน้าที่ต่างกันแตกต่างกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีจำนวนข้อสอบทำหน้าที่แตกต่างกัน 7 เงื่อนไข กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2,000 คน โดยใช้แบบทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ วิชาภาษาไทย จำนวน 40 ข้อ ซึ่งวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS และตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกัน ของข้อสอบโดยใช้โปรแกรม SIBTEST พร้อมทั้งทดสอบความแตกต่างของค่าความเที่ยงของ แบบทดสอบ โดยใช้การทดสอบสถิติซี ผลการศึกษาพบว่า การเปรียบเทียบของแบบทดสอบระหว่าง ฉบับที่ไม่มีข้อสอบทำหน้าที่ต่างกับฉบับที่มีข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกัน ปรากฏว่า ค่าความเที่ยงของ แบบทดสอบมีค่าไม่สูงมากนักและมีค่าไม่แตกต่างกัน

Moghadamzadeh, Salehi and Khodaie (2011) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบฟังก์ชัน ของ ข้อสอบและแบบทดสอบในโมเดล 1, 2, 3 พารามิเตอร์ ของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) มีการกำหนดรูปแบบข้อมูลบนรากฐานทางทฤษฎีและเชิงจิตวิทยา ข้อมูลเป็นผลการตอบแบบทดสอบ

ของนักเรียนอิหร่านที่สอบเข้าเรียนมหาวิทยาลัยในสาขาคณิตศาสตร์-ฟิสิกส์ ปีการศึกษา 2009 ขององค์การทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (NOET) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2,000 คน ใช้โปรแกรม SPSS และ BILOG ในการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ค่าของฟังก์ชันของข้อสอบและแบบทดสอบของโมเดล 2 พารามิเตอร์ มีค่าสูงกว่า โมเดล 1 และ 3 พารามิเตอร์ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าของฟังก์ชันของข้อสอบและแบบทดสอบของโมเดล 1 พารามิเตอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากค่าที่สอดคล้องกันทั้ง 3 พารามิเตอร์ เมื่อพิจารณาถึงค่าประมาณในโมเดลทั้ง 3 การศึกษาครั้งนี้มีความหมายสำหรับการวัดและทดสอบทางการศึกษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการทดสอบแบบปรนัยที่มีมาตรฐาน พบดัชนีความน่าเชื่อถือที่คำนวณจากระดับความสามารถแตกต่างกัน ในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ คือเป็นไปได้ที่จะสร้างแบบทดสอบที่ตรงกับวัตถุประสงค์ และสามารถตรวจสอบความถูกต้องของการทดสอบโดยใช้ฟังก์ชันข้อมูลได้

Kose and Demirtasli (2012) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบรูปแบบการวัดมิติเดียวและการวัดหลายมิติบนพื้นฐานทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ในแง่ของ 2 ตัวแปรได้แก่ ความยาวของ แบบทดสอบและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลเป็นผลการตอบการทดสอบภาษาตุรกีจากนักเรียน เกรด 8 จำนวน 1516 คน พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความสามารถที่ประมาณค่าภายใต้ทฤษฎีการ ตอบสนองข้อสอบ (IRT) มีอัตราความคลาดเคลื่อนน้อยลงและมีอัตราความถูกต้องเพิ่มมากขึ้นในการวัดหลายมิติ ค่าที่ได้เหมาะสำหรับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบการวัดหลายมิตินอกจากนี้การควบคุมขนาดตัวอย่างและความยาวของแบบทดสอบยังไม่มีผลในเชิงบวกบนความพอดี ของข้อมูลในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบการวัดมิติเดียว แต่ข้อสอบที่มากขึ้นและขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้นสามารถลดการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนและรายละเอียดเพิ่มมากขึ้นภายใต้ การวัดผลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบการวัดหลายมิติ

Basokcu and Ogretmen (2014) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบเทคนิคการตอบสนองข้อสอบแบบพารามิเตอร์และนัยพารามิเตอร์ในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบในข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองข้อสอบแบบพารามิเตอร์และนัยพารามิเตอร์บนพื้นฐานทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบในข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า การวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบนั้นอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพารามิเตอร์ได้ดำเนินการโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ สำหรับการวิเคราะห์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบนัยพารามิเตอร์นั้น การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบจะถูกกำหนดโดยการเปรียบเทียบดัชนีพื้นที่ ที่เกี่ยวข้องกับไอซีซีได้รับสำหรับกลุ่มอ้างอิงและกลุ่มเปรียบเทียบ

โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนเกรด 8 ที่เป็นนักเรียนจากประเทศตุรกีและเกาหลีใต้ เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างภายใต้เงื่อนไขประเทศและเพศ โดยดำเนินการในชุดข้อมูลจาก TIMSS 2011 ในหัวข้อ “ทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์” จากการสังเกต พบว่าทั้งแบบพารามетริกและนัพารามетริกในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ ภายใต้เงื่อนไขประเทศมีผลคล้ายกัน อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ สำหรับประเทศภายใต้เงื่อนไขเพศที่แตกต่างกัน ตามเทคนิคการขึ้นอยู่กับทฤษฎีการตอบสนองแบบ พารามетริกและนัพารามетริก ผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่าข้อสอบที่ผสมผสานการทำหน้าที่ต่างกัน ของข้อสอบ เป็นเทคนิคที่ต้องการ

สุรัชย์ รักสมบัติ และคณะ (2563) ได้ศึกษาการจัดคลังข้อสอบจำแนกตามเนื้อหาและระดับความยากของข้อสอบ: โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักการทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แบบ 3 พารามิเตอร์ และจัดคลังข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำแนกตามเนื้อหา และระดับความยาก วิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) วิเคราะห์ คุณภาพข้อสอบตามหลักการทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แบบ 3 พารามิเตอร์ 2) จำแนกระดับความยากของข้อสอบตามค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ 3) ประเมินความตรงเชิงโครงสร้างและพฤติกรรมที่วัดของข้อสอบ และ 4) จัดคลังข้อสอบจำแนกตามเนื้อหาและระดับความยากของข้อสอบ

ภูรินทร์ เทพสถิต และคณะ (2564) ได้ศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูลตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า โดยใช้โปรแกรมอาร์ ผลการวิจัยพบว่า ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามผลการตรวจให้คะแนนคำตอบ คือ ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า (dichotomous IRT) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (polytomous IRT) ในการทดสอบ ทางศึกษามีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบหลายค่า เช่น มาตรฐานค่าเกณฑ์การประเมิน (รูบริก) การให้คะแนนความรู้บางส่วน บทความนี้จึงนำเสนอ การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลการให้คะแนนความรู้บางส่วน และ โมเดลการให้คะแนนแบบลำดับขั้น ซึ่งเป็นโมเดลที่ครอบคลุมการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือแบบตรวจ ให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า ที่ใช้ทั่วไปในบริบทการศึกษา ผ่านโปรแกรมอาร์ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เป็นที่ยอมรับ โดยทั่วไปสามารถดาวน์โหลดเพื่อนำไปใช้และพัฒนาต่อได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และรองรับระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย ทั้งนี้ผู้เขียนได้เสนอเนื้อหาครอบคลุมถึงทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โมเดลในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า คำสั่งพื้นฐานของโปรแกรม และการวิเคราะห์ด้วยโมเดล การให้คะแนนความรู้บางส่วน และโมเดลการให้คะแนนแบบลำดับ

ขึ้นเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับ การวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบทางการศึกษา การประเมินทางจิตวิทยา หรือทางด้านอื่น ๆ ต่อไป

น้อย คันซังทอง (2565) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบมาตรฐานวัดการรู้สารสนเทศ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาแบบทดสอบมาตรฐานวัดการรู้สารสนเทศของนักศึกษาโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาคปกติ ปีการศึกษา 2564 แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ใช้เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม จำนวน 5 คน กลุ่มที่ 2 สำหรับการทดลองใช้เครื่องมือ จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีเลือกแบบเจาะจง และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ จำนวน 500 คน ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบมาตรฐานวัดการรู้สารสนเทศตามมาตรฐานการรู้สารสนเทศที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยยึดเกณฑ์มาตรฐานการรู้สารสนเทศ ของสมาคมห้องสมุดมหาวิทยาลัยและวิจัยแห่งสหรัฐอเมริกา ผลการวิจัยพบว่า ได้แบบทดสอบวัดการรู้สารสนเทศสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี จำนวน 41 ข้อ โดยมีค่าอำนาจจำแนก อยู่ในช่วง 0.53 ถึง +2.39 ค่าความยาก อยู่ในช่วง -1.12 ถึง +2.08 และ ค่าการเดา อยู่ในช่วง 0.07 ถึง 0.29 ค่าสารสนเทศของแบบทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น ณ ระดับความสามารถ (θ) -0.9 ถึง 0.1 โดยมีค่าสูงสุดที่ระดับความสามารถ -0.1 ทั้งนี้แบบทดสอบมีค่าสัมประสิทธิ์ ความเชื่อมั่น (rtt) เท่ากับ 0.862

กนกพร จันทรสีหราช และคณะ (2566) ได้ศึกษา การสร้างแบบสอบรูปผสมในการทดสอบแบบออนไลน์ รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า การศึกษาแบบสอบออนไลน์ในงานวิจัยที่ผ่านมาต่างมุ่งศึกษาในประเด็นของการลดปัญหาการทุจริต ซึ่งแบบสอบที่ใช้เป็นแบบปรนัย เพื่อให้การวัดและประเมินผลของผู้เรียนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การใช้แบบสอบอัตนัย ผสมกับแบบสอบปรนัยจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะทำให้การวัดผลการเรียนรู้มีความครอบคลุม ในเนื้อหาสาระ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างแบบสอบรูปผสมในการทดสอบแบบออนไลน์ รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 2) เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางจิต มิติของแบบสอบรูปผสมในการทดสอบแบบออนไลน์ รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์ ประชากรเป็นนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2565 สังกัดสำนักงานเขตบางรัก จำนวน 5 โรงเรียน รวม 104 คน เครื่องมือ ที่ใช้ คือ แบบสอบรูปผสมในการทดสอบแบบออนไลน์ รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน จำแนกออกเป็น 3 ฉบับ ตามเนื้อหาที่แตกต่างกัน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติของแบบสอบ ได้แก่ ความตรง

ตามเนื้อหา (Content Validity) ความเที่ยง (Reliability) ความยาก (b) ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (Item Information Function; IIF) และฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information Function; TIF) ผลการวิจัยพบว่า (1) แบบสอบรูปผสมในการทดสอบแบบออนไลน์ เรื่อง เศษส่วน ที่สร้างขึ้น โดยมีร้อยละของสัดส่วนจำนวนข้อสอบปรนัย: อัตนัย คือ 30: 70 (ปรนัย 9 ข้อ และอัตนัย 21 ข้อ) จำแนก ออกเป็น 3 ฉบับ ฉบับละ 30 ข้อ ตามเนื้อหาที่แตกต่างกัน โดยแบบสอบที่สร้างขึ้นทั้ง 3 ฉบับ มีค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ผ่านเกณฑ์ทุกข้อ (2) การหาคุณภาพความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) มีค่า 0.67 ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์ความเที่ยง (Reliability) คือ 0.912, 0.915 และ 0.913 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อมีค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -0.56 ถึง +0.93 ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศ ของข้อสอบ (Item Information Function) และค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (Test information function) ทั้ง 3 ฉบับ ส่วนใหญ่ให้สารสนเทศสูงเมื่อนำไปทดสอบกับผู้ที่มีความสามารถระดับปานกลางถึงสูง

ทิพย์เกสร พรหมภักดี (2560) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การสร้างระบบสอบวัดมาตรฐานความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและสารสนเทศ ในมหาวิทยาลัยรังสิตด้วยทฤษฎีทดสอบแบบดั้งเดิม และทฤษฎีตอบสนองข้อสอบ พบว่าผู้วิจัยได้พัฒนาระบบสอบวัดมาตรฐานความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและสารสนเทศในมหาวิทยาลัยรังสิตด้วยรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสองทฤษฎี คือ ทฤษฎีทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีตอบสนองข้อสอบ ผู้วิจัยได้สร้างคลังข้อสอบทั้งสองประเภทด้วยทฤษฎีดังที่กล่าวมาแล้ว โดยการคำนวณหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบในแต่ละข้อซึ่งได้มาจากการคำนวณคำตอบของผู้เข้ารับการทดสอบ ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก ได้ถูกจัดเก็บไว้ในคลังข้อสอบทั้งสองประเภท โดยระบบสอบวัดมาตรฐานความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและสารสนเทศประกอบไปด้วยการทดสอบสองรูปแบบ คือ การทดสอบแบบดั้งเดิม และการทดสอบแบบปรับเหมาะ ผู้วิจัยได้นำระบบที่สมบูรณ์แล้วมาทดสอบกับนักศึกษา มหาวิทยาลัยรังสิต โดยผู้เข้ารับการทดสอบได้ทำการสอบวัดมาตรฐานความรู้ด้วยระบบทั้งสองประเภท จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบแบบดั้งเดิมและการทดสอบแบบปรับเหมาะมีค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์สูง

วรรณธิดา ยลวิลา และคณะ (2564) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์ สำหรับการจัดการสอนออนไลน์แบบเปิดกว้างสำหรับมวลชน ตามแนวคิดการเรียนรู้ของเครื่องจักร บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อจัดทำคลังข้อสอบรูปแบบการทดสอบ แบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการสอนออนไลน์แบบเปิดกว้างสำหรับมวลชน ตามแนวคิดการเรียนรู้ของเครื่องจักร 2) เพื่อพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะ โดยใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการสอนออนไลน์แบบเปิดกว้างสำหรับมวลชน

ตามแนวคิดการเรียนรู้ของเครื่องจักร ระเบียบวิธีวิจัยเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) จัดทำคลังข้อสอบ 2) พัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์ และ 3) ประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์ ด้วยวิธี Black Box Testing กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 400 คน ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา 2) โปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์ 3) แบบประเมินความเหมาะสมของโปรแกรม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) คลังข้อสอบเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบและการคัดเลือกข้อสอบผ่านการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบตาม ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) ค่าความยากของข้อสอบ (b) และค่าการเดาของข้อสอบ (c) ได้ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 300 ข้อ และมีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ .99 2) โปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์ มีความเหมาะสมของโปรแกรมอยู่ในระดับมาก เป็นที่ยอมรับของผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้โปรแกรม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์สามารถนำไปใช้ในการจัดการสอน ออนไลน์แบบเปิดกว้างสำหรับมวลชนได้

ณพนันท์ ยมจินดา (2563) ได้ศึกษางานวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบคุณภาพแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดาและให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจ ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดาและให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจในด้านฟังก์ชันสารสนเทศ ความยากและอำนาจจำแนกความตรงตามสภาพ 2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดาและให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจในด้านดังต่อไปนี้ ฟังก์ชันสารสนเทศและความตรงตามสภาพ กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 จำนวน 658 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จำนวน 30 ข้อ นำมาวิเคราะห์ค่าความยาก, ค่าอำนาจจำแนก และฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบเป็นรายข้อ โดยวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item response theory) แบบทวิภาคที่ใช้โมเดลโลจิสติก (Logistic) 2 พารามิเตอร์ และโมเดลการให้คะแนนความรู้บางส่วน (Generalized partial credit model: GPCM) เปรียบเทียบค่าฟังก์ชันสารสนเทศจากค่า ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ RE (θ) ระหว่างแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดาและให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจ และค่าความตรง

ตามสภาพ ผลการวิจัยพบว่า 1. ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าความยากระหว่าง $-1.86 - 4.22$ ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง $0.13-1.87$ และแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจ พบว่ามีค่าความยากระหว่าง $-0.18 - 4.6$ และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง $0.14 - 0.76$ 2. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ RE (θ) พบว่า ระดับความสามารถ ($\theta = -2.8$ ถึง 0.0) แบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดามีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงกว่าแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจ และระดับความสามารถ ($\theta = 0.4$ ถึง 2.8) แบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงกว่าแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดา 3. ค่าความตรงตามสภาพ พบว่า แบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดา และแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจ กับระดับผลการเรียนวิชาเคมี มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.01$ ค่าความตรงตามสภาพขึ้นอยู่กับวิธีการให้คะแนนในแต่ละวิธี และแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดาความตรงตามสภาพสูงกว่า แบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจ

เฉลิมฤทธิ์ แก้วกล้าหาญ (2549) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ถ้อยนิมิตงานวิจัยที่เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อสอบระหว่างทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสังเคราะห์งานวิจัยที่เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบระหว่างทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ อันประกอบไปด้วย ค่าความสามารถของผู้สอบ ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ด้วยการวิเคราะห์ถ้อยนิมิต โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้ 1) เพื่อสำรวจและศึกษางานวิจัยที่เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่างทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 2) เพื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของงานวิจัยที่เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบระหว่างทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 3) เพื่อศึกษาตัวแปรปรับที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของงานวิจัยที่เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบระหว่างทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ จากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ จำนวน 34 เล่ม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติภาคบรรยายการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน (Hierarchical Stepwise Regression analysis) ผลการสังเคราะห์งานวิจัยพบว่า 1. งานวิจัยที่เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อสอบระหว่างทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ จำนวน 34 เล่ม ประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จำนวน 619 ค่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.510 โดยแบ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่าความสามารถของผู้สอบ จำนวน 244 ค่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่าอำนาจจำแนกจำนวน 141 ค่า ค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ค่าความยาก จำนวน 228 ค่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.935 0.674 0.071 ตามลำดับ

2. ตัวแปรคุณลักษณะงานวิจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยตัวแปรที่มีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ได้แก่ แหล่งที่มาของงานวิจัย ปีที่พิมพ์ ประเภทงานวิจัย แหล่งเผยแพร่งานวิจัยพารามิเตอร์ที่เปรียบเทียบ ลักษณะเครื่องมือ คุณภาพของเครื่องมือ วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การกำหนดระดับนัยสำคัญ คะแนนประเมินคุณภาพงานวิจัย และการมีนัยสำคัญของข้อค้นพบ ตัวแปรที่มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ได้แก่ การสร้างเครื่องมือ

3. ตัวแปรปรับที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณได้แก่ ตัวแปรต้นมีการเผยแพร่ในวารสารต่างประเทศ ตัวแปรต้นมีการเปรียบเทียบค่าความยาก และตัวแปรต้นมีผลวิจัยมีนัยสำคัญทั้งหมด สามารถอธิบายความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้ร้อยละ 28.5

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ ค่าความยากของแบบทดสอบมีแนวโน้มลดลงแต่ค่าอำนาจจำแนกค่าโอกาสการเดา ส่วนใหญ่มีแนวโน้มสูงขึ้น ความคลาดเคลื่อนของวิธีทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์มีค่าน้อยกว่าวิธีเชิงเส้น กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดแตกต่างกัน ทำให้มีค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก และค่าโอกาสการเดาข้อสอบแตกต่างกัน

ผลการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่กล่าวถึงเบื้องต้น รายละเอียดดัง ตาราง 12

ตาราง 12 สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ

ชื่องานวิจัย	ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	วิธีวิจัย	เครื่องมือที่ใช้	สรุปผลการวิจัย
ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบฯ	สุนทร เทียนงามศิริชัย กาญจนาวาสี, ดิเรก ศรีสุโข (2553)	วิเคราะห์ผลของระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่มีต่อความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ และสารสนเทศ	วิเคราะห์แบบสอบจริงด้วยโมเดล IRT	ข้อสอบวิทยาศาสตร์ และอังกฤษ (30, 50, 80 ข้อ)	ข้อสอบที่ไม่เป็นอิสระมากขึ้นทำให้ความเที่ยงเพิ่ม ค่าอันเบี่ยงตามโมเดล (1PL, 2PL, 3PL)
การปรับเทียบคะแนนแนวตั้ง	จิระนาถ ฉวีพัฒน์ และ คณະ (2554)	เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนและความพอเพียงระหว่างการปรับเทียบแบบเบเจงส์และ IRT-3PL	เปรียบเทียบโมเดลเบรียบบีเยมโมเดล จากกลุ่มตัวอย่าง	แบบทดสอบคณิตศาสตร์ 4 ฉบับ	IRT-3PL มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าและพอเพียงกว่าวิธีเบเจงส์โดยตรง
ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ	ณรงค์ จันทรมหา (2554)	เปรียบเทียบค่าความเที่ยงของแบบทดสอบที่มีข้อสอบทำหน้าที่ย่อยต่างกัน	วิเคราะห์ด้วย SIBTEST และสถิติซี	แบบทดสอบภาษาไทย 40 ข้อ	ค่าความเที่ยงไม่แตกต่างกันมาก แม้ข้อสอบจะมีการทำหน้าที่ย่อยต่างกัน

ชื่องานวิจัย	ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	วิธีวิจัย	เครื่องมือที่ใช้	สรุปผลการวิจัย
เปรียบเทียบโมเดล IRT	Moghadamzadeh et al. (2011)	วิเคราะห์เปรียบเทียบฟังก์ชันของข้อสอบในโมเดล 1PL, 2PL, 3PL	วิเคราะห์ด้วย BILOG และ SPSS	ข้อมูลสอบเข้ามหาวิทยาลัยของ NOET	โมเดล 2PL ให้ค่าฟังก์ชันสูงสุดเหมาะสมกับการวัดผลแบบมีมาตรฐาน
IRT มิติเดียว vs หลายมิติ	Kose & Demirtasli (2012)	เปรียบเทียบ IRT แบบมิติเดียวและหลายมิติ	วิเคราะห์ด้วย IRT ตามความยาวแบบสอบและขนาดตัวอย่าง	ข้อมูลการทดสอบภาษาตุรกีเกรด 8	การวัดหลายมิติมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยลงและความแม่นยำเพิ่มขึ้น
Parametric vs Non-parametric DIF	Basokcu & Ogretmen (2014)	เปรียบเทียบการใช้ IRT แบบพารามิตริกและแบบพารามิตริกในการตรวจข้อสอบ DIF	วิเคราะห์ข้อมูลจาก TIMSS 2011	ข้อมูลนักเรียน ตุรกีและเกาหลีใต้	ทั้งสองวิธีให้ผลคล้ายกัน แต่พิจารณาเพศให้ผลแตกต่าง
การจัดคลังข้อสอบ	สุรัชย์ รักสมบัติ และคณะ (2563)	วิเคราะห์คุณภาพและจัดคลังข้อสอบตามเนื้อหาและระดับความยาก	วิเคราะห์ตาม IRT-3PL	ข้อสอบคณิตศาสตร์ ม.1	จัดคลังข้อสอบโดยใช้พารามิเตอร์ของ IRT จำแนกข้อสอบได้ตามเกณฑ์คุณภาพ
วิเคราะห์ข้อสอบแบบให้คะแนนหลายค่า	ภูรินทร์ เทพสถิต และคณะ (2564)	วิเคราะห์ข้อมูล IRT แบบ polytomous ด้วย R	วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R	แบบสอบให้คะแนนหลายค่า	วิเคราะห์ด้วยโมเดล GPCM และ Partial Credit Model ได้ผลแม่นยำ ใช้ในบริบทการศึกษาได้ดี

ชื่องานวิจัย	ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	วิธีวิจัย	เครื่องมือที่ใช้	สรุปผลการวิจัย
พัฒนาแบบทดสอบการรู้สารสนเทศ	น้อย คันทอง (2565)	พัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ	ใช้ IRT 3PL	แบบทดสอบ 41 ข้อ วิธีการรู้สารสนเทศ	แบบทดสอบมีความเที่ยงสูง ($r_{tt}=0.862$), ค่า b -1.12 ถึง 2.08, ค่า a และ c ผ่านเกณฑ์
แบบสอบออนไลน์รูปแบบสรุปรูปผล	กนกพร จันทร์สีหราช และคณะ (2566)	สร้างแบบสอบรูปแบบสรุปรูปผลและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติ	ใช้ IRT 1PL	แบบสอบปรนัย+อัตนัย วิชาคณิตฯ	แบบสอบมีคุณภาพดี พึงกังหันสารสนเทศสูง เหมาะกับผู้มีความสามารถปานกลางถึงสูง
ระบบสอบวัดมาตรฐาน	ทิพย์เกสร พรหมภักดี (2560)	พัฒนาระบบสอบวัดมาตรฐานด้วย TCT และ IRT	ทดลองใช้กับนักศึกษา	ระบบสอบแบบดั้งเดิม + แบบปรับเหมาะ	ระบบสอบทั้งสองมีความสัมพันธ์สูง ใช้งานได้จริงในสภาพแวดล้อมมหาวิทยาลัย
โปรแกรมสอบแบบปรับเหมาะ	วรรณธิดา ยลวิลา และคณะ (2564)	พัฒนาโปรแกรมสอบปรับเหมาะสำหรับ MOOC	ใช้ Black Box Testing	โปรแกรมสอบ, แบบตรวจสอบความตรง, แบบประเมิน	โปรแกรมมีค่าความเที่ยงสูง (0.99), ได้รับการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้
คะแนนธรรมชาติ vs พิจารณาความมั่นใจ	ณพนันท์ ยมจินดา (2563)	เปรียบเทียบคุณภาพแบบทดสอบวิธีให้คะแนน	วิเคราะห์ด้วย IRT 2PL และ GPCM	แบบทดสอบเดิม 30 ข้อ	คะแนนธรรมชาติให้ผลดีกว่าที่ระดับ θ ต่ำ, คะแนนมั่นใจดีกว่าที่ระดับ θ สูง
วิเคราะห์ห่อถัก TCT vs IRT	เฉลิมฤทธิ์ แก้วกล้าหาญ (2549)	สังเคราะห์งานวิจัยเปรียบเทียบ TCT กับ IRT	วิเคราะห์ห่อถักจาก 34 งานวิจัย	งานวิจัยที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ความสัมพันธ์เฉลี่ยระหว่างพารามิเตอร์สูง โดยเฉพาะค่าความสามารถ ($r = 0.935$)

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อศึกษาผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยแบ่งการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ระยะที่ 2 การศึกษาผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ระยะที่ 3 การศึกษาคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ระยะที่ 1 การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นข้อสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยการพัฒนาข้อสอบตามแนวขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบปรนัยจำนวนทั้งหมด 40 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

ในการพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1.1 การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ดำเนินการ ดังนี้

1.1.1 แหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในเรื่องของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ศึกษาการสร้างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

1.1.2 ประเด็นการศึกษา

ประเด็นการศึกษา ได้แก่ การดำเนินการสร้างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ดังนี้

1) ทำการสร้างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ต้องการวัดคือ ด้านความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย มิติความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ มิติเนื้อหาและมิติบริบท โดยใช้องค์ประกอบทั้ง 3 มิติ เป็นตัวกำหนดสถานการณ์ โดยข้อสอบเป็นแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Item) 4 ตัวเลือก

2) สร้างผังข้อสอบโดยกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังแสดงในตาราง 13 และตาราง 14

ตาราง 13 ผังข้อสอบในการกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 40 ข้อ

องค์ประกอบหลัก	เนื้อหา	บริบท
1. การคิด/แปลง ปัญหา	ปริมาณ, ความไม่แน่นอน และข้อมูลการเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์, ปฏิภูมิ และรูปทรง	ส่วนตัว, อาชีพ, สังคม, วิทยาศาสตร์
2. การใช้คณิตศาสตร์	ปริมาณ, ความไม่แน่นอน และข้อมูล การเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์, ปฏิภูมิ และรูปทรง	ส่วนตัว, อาชีพ, สังคม, วิทยาศาสตร์
3. การตีความ และประเมิน	ปริมาณ, ความไม่แน่นอน และข้อมูลการเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์, ปฏิภูมิ และรูปทรง	ส่วนตัว, อาชีพ, สังคม, วิทยาศาสตร์
4. การให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์	ปริมาณ, ความไม่แน่นอน และข้อมูลการเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์, ปฏิภูมิ และรูปทรง	ส่วนตัว, อาชีพ, สังคม, วิทยาศาสตร์
รวม 40 ข้อ		

ตาราง 14 ตารางวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ข้อสอบ จำนวน 40 ข้อ

ข้อที่	องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (ที่เกิด)									
	1. ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์			2. เนื้อหา คณิตศาสตร์ที่ใช้ ในการแก้ปัญหา			3. บริบทที่สัมพันธ์ กับทักษะแห่ง ศตวรรษที่ 21			
	การคิด/แก้ปัญหา	การใช้คณิตศาสตร์	การตีความและประเมิน	การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	ปริมาณ	ความไม่แน่นอนและข้อมูล	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	ปริภูมิและรูปทรง	ส่วนตัว	อาชีพสังคม
1	✓			✓	✓	✓			✓	✓
2			✓	✓		✓			✓	✓
3	✓			✓	✓	✓			✓	
4			✓		✓			✓	✓	
5	✓	✓	✓		✓				✓	
6	✓		✓	✓	✓		✓			✓
7	✓	✓		✓	✓			✓	✓	
8			✓				✓		✓	✓
9	✓		✓				✓			✓
10	✓	✓			✓				✓	
11	✓	✓		✓	✓				✓	
12	✓	✓						✓		✓
13	✓	✓					✓		✓	
14	✓				✓				✓	
15	✓				✓				✓	
16	✓	✓					✓			✓
17	✓	✓					✓			✓
18	✓	✓						✓	✓	

ข้อที่	องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (ที่เกิด)									
	1. ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์				2. เนื้อหา คณิตศาสตร์ที่ใช้ ในการแก้ปัญหา			3. บริบทที่สัมพันธ์ กับทักษะแห่ง ศตวรรษที่ 21		
	การคิด/แก้ปัญหา	การใช้คณิตศาสตร์	การตีความและประเมิน	การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	ปริมาณ	ความไม่แน่นอนและข้อมูล	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	ปริภูมิและรูปทรง	ส่วนตัว	อาชีพ สังคม วิทยาศาสตร์
19			✓	✓		✓	✓			✓
20	✓	✓			✓				✓	
21	✓				✓			✓	✓	
22	✓	✓			✓			✓	✓	
23	✓	✓			✓				✓	
24			✓	✓			✓			✓
25			✓	✓			✓			✓
26			✓	✓		✓	✓			✓
27			✓		✓				✓	
28			✓			✓				✓
29	✓	✓						✓	✓	
30	✓	✓			✓			✓	✓	
31	✓	✓			✓					✓
32	✓	✓						✓	✓	
33	✓	✓			✓				✓	
34	✓		✓	✓						✓
35	✓	✓			✓				✓	
36		✓	✓		✓					✓
37	✓	✓				✓			✓	
38		✓	✓		✓					✓
39	✓	✓			✓				✓	

ข้อที่	องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (ที่เกิด)									
	1. ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์				2. เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา			3. บริบทที่สัมพันธ์กับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21		
	การคิด/แปลงปัญหา	การใช้คณิตศาสตร์	การตีความและประเมิน	การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	ปริมาณ	ความไม่แน่นอนและข้อมูล	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	ปริภูมิและรูปทรง	ส่วนตัว	อาชีพสังคมวิทยาศาสตร์
40	✓	✓	✓	✓	✓					✓

3) กำหนดพฤติกรรม ที่ต้องการวัดเป็นการ กำหนดน้ำหนักของพฤติกรรม ที่ต้องการจะวัดในการที่จะกำหนดว่าในแต่ละเนื้อหาต้องการที่จะให้เกิดพฤติกรรมอะไรบ้างแก่ผู้สอบ คือ มิติสถานการณ์และบริบท มิติเนื้อหาของคณิตศาสตร์ มิติความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้

- มิติสถานการณ์และบริบท ซึ่งแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ บริบทส่วนตัว บริบททางการงานอาชีพ บริบททางสังคม และบริบททางวิทยาศาสตร์
- มิติเนื้อหาของคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 เรื่อง ได้แก่ ปริภูมิและรูปทรง การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ ปริมาณ และความไม่แน่นอนและข้อมูล
- มิติความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ มี 4 ด้าน ได้แก่ คิด/แปลงปัญหา ใช้คณิตศาสตร์ ให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

4) ดำเนินการสร้างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ชนิดข้อสอบแบบปรนัย จำนวนทั้งหมด 40 ข้อ ตามที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 1.2 การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.2.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในปีการศึกษา 2567 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก โดยเป็นนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 483 คน ได้มาโดยการสุ่มกลุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling)

1.2.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ความเหมาะสมและคุณภาพของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ในการตรวจสอบคุณภาพ ร่างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ในรูปแบบการให้คะแนนแบบสองค่า (Dichotomously Scored Items)

1.2.3 สร้างแบบประเมินคุณภาพของแบบทดสอบ ฯ ตามองค์ประกอบของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยใช้การประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1. ผศ.ดร. สุรีย์พร สว่างเมฆ ตำแหน่ง หัวหน้าภาควิชาการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ผศ.ดร. อาวีพร ปานทอง ตำแหน่งอาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัย วัฒน และสถิติ การศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

3. ผศ.ดร.คมคาย พันธุ์เพ็ง ตำแหน่งประธานสาขาวิชาคณิตศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์และการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

4. ดร.อภิชัย นุชเนื่อง ตำแหน่ง ศึกษานิเทศก์ผู้เชี่ยวชาญข้าราชการบำนาญ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา สำนักงานการศึกษาประถมศึกษาดอก เขต 1

5. ดร.ชัยรัตน์ ถาวรงามยิ่งสกุล ตำแหน่งผู้อำนวยการโรงเรียนชำนาญการพิเศษ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย และพัฒนาทางการศึกษา โรงเรียนชุมชนวัดสันป่าลาน สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษาตาก เขต 1

1.2.4 ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดและประเมินผล ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง และผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา ตรวจสอบความตรง (Validity) และตรวจสอบความเหมาะสมขององค์ประกอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ แล้วทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และคัดเลือกข้อสอบ ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป ค่าความยาก 0.20 - 0.80 และค่าความเที่ยง (reliability) 0.70 ขึ้นไป ได้แบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ ตามตาราง 15

ตาราง 15 ตารางวิเคราะห์แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผ่านตามเกณฑ์คุณภาพ จำนวน 30 ข้อ

องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (ที่เกิด)												
1. ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์												
2. เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา												
3. บริบทที่สัมพันธ์กับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21												
ข้อที่	ที่ 21											
	การคิด/แปลงปัญหา	การใช้คณิตศาสตร์	การตีความและประเมิน	การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	ปริมาณ	ความไม่แน่นอนและข้อมูล	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	ปริภูมิและรูปร่าง	ส่วนตัว	อาชีพ	สังคม	วิทยาศาสตร์
1			✓	✓		✓			✓		✓	
2			✓		✓			✓	✓			
3	✓		✓	✓	✓		✓				✓	
4	✓	✓		✓	✓			✓	✓			
5			✓				✓			✓	✓	
6	✓		✓				✓				✓	
7	✓	✓			✓				✓			
8	✓	✓		✓	✓				✓			
9	✓	✓					✓		✓			
10	✓				✓				✓			
11	✓	✓					✓				✓	
12	✓	✓					✓				✓	
13	✓	✓						✓	✓			
14			✓	✓		✓	✓					✓
15	✓	✓			✓				✓			
16	✓				✓			✓	✓			
17	✓	✓			✓			✓	✓			
18	✓	✓			✓				✓			

ข้อที่	องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (ที่เกิด)								
	1. ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์			2. เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา			3. บริบทที่สัมพันธ์กับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21		
	การคิด/แปลงปัญหา	การใช้คณิตศาสตร์	การตีความและประเมิน	การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	ปริมาณ	ความไม่แน่นอนและข้อมูล	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	ปริภูมิและรูปร่าง	ส่วนตัวอาชีพสังคมวิทยาศาสตร์
19		✓	✓				✓		✓
20			✓	✓			✓		✓
21			✓		✓			✓	
22			✓			✓			✓
23	✓	✓						✓	✓
24	✓	✓			✓			✓	✓
25	✓	✓			✓				✓
26	✓	✓						✓	✓
27	✓		✓	✓					✓
28		✓	✓		✓				✓
29	✓	✓			✓			✓	
30	✓	✓			✓			✓	

1.2.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดลอง กับกลุ่มทดลอง จำนวน 483 คน และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยทำการหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยใช้ ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ IRT เพื่อหา ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าโอกาสการเดา ค่าความเที่ยง ค่าฟังก์ชันสารสนเทศ ของแบบทดสอบ ตามเกณฑ์ที่กำหนด วิเคราะห์ข้อสอบด้วย ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) โดยใช้โปรแกรม IRTPRO ค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ระหว่าง 0.50–2.50 (เหมาะสมที่สุด $a \geq 1.00$) ค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -2.00 ถึง +2.00 ค่าเดา (c) ไม่เกิน 0.35 ค่าความเที่ยง (≥ 0.70) ขึ้นไป และค่าสารสนเทศของแบบทดสอบ

1.2.6 การพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลการวัดองค์ประกอบเชิงยืนยันของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดำเนินการดังนี้

1) กลุ่มผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก กลุ่มทดลอง รวมจำนวน 483 คน

2) ประเด็นที่ศึกษา ได้แก่ ความตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และผู้วิจัยวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบความฉลาดรู้ องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีการ วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA ด้วยโปรแกรม IRTPRO โดยตรวจสอบความสอดคล้องจำนวนองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ และนำหน้าองค์ประกอบตามขั้นตอน เริ่มจากการกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลด้วยโมเดลการวัดองค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยพิจารณาค่า chi-square, relative chi-square CFI, TLI, RMSEA, SRMR เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของโมเดลการวัดโดยภาพรวม

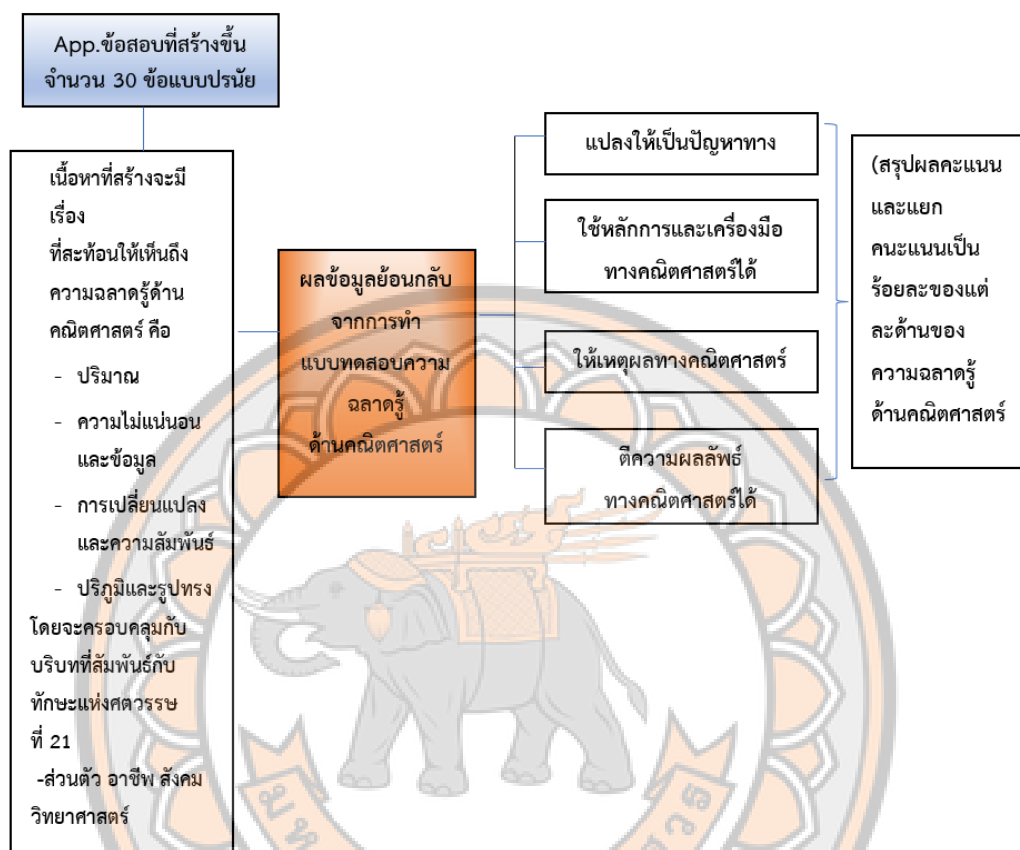
1.2.7 ได้คลังแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ที่จะนำไปสร้างเป็นแพลตฟอร์มดิจิทัล โดยการเขียนด้วยโปรแกรม PHP

ขั้นที่ 1.3 การนำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ไปสร้างผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

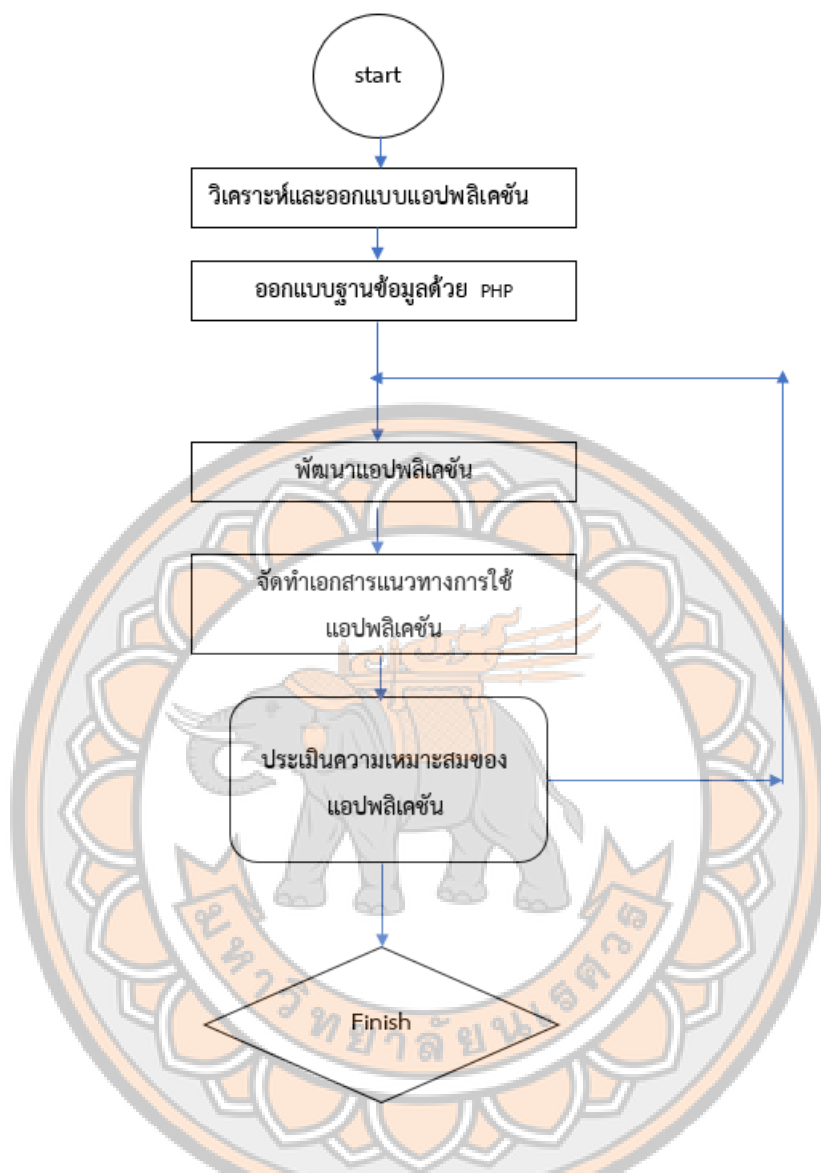
1.3.1 ดำเนินการสร้างผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล เพื่อใช้สำหรับแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ด้วยแพลตฟอร์มดิจิทัล PHP และการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัล ประกอบดังภาพ 16 และภาพ 17

App. Map (แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์)

การสร้างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ด้วยแพลตฟอร์มดิจิทัล PHP



ภาพ 16 แสดงการสร้างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ด้วยแพลตฟอร์มดิจิทัล PHP



ภาพ 17 แสดงขั้นตอนการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัล

1.3.2 ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และผลการศึกษาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ และศึกษาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่จำเป็นของนักเรียนในสถานศึกษา ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา PHP เพื่อออกแบบสร้างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งเป็นแบบปรนัย

1. การวิเคราะห์และออกแบบระบบแพลตฟอร์มดิจิทัล

1.1 แผนผังบริบท (Context Diagram) การวิเคราะห์และออกแบบเริ่มต้นจากการเขียนแบบจำลองกระบวนการ (Process Model) ในรูปแบบของแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD)

1.2 การจัดทำผังการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) เป็นการวิเคราะห์ให้เห็นภาพรวมในการทำงานของแพลตฟอร์มดิจิทัลโดยจะแสดงรายละเอียดการรับหรือส่งข้อมูลภายในแพลตฟอร์มดิจิทัล

2. ออกแบบฐานข้อมูล การออกแบบฐานข้อมูลของแพลตฟอร์มดิจิทัลการทดสอบในการวิจัยนี้มี 5 แฟ้มข้อมูล ได้แก่ 1) แฟ้มข้อมูลข้อสอบ 2) แฟ้มข้อมูลรายการคำตอบ 3) แฟ้มข้อมูลผู้สอบ 4) แฟ้มข้อมูลการทดสอบ และ 5) แฟ้มข้อมูลข้อสอบการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์

3. พัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลด้วย PHP การพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลการทดสอบในการวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล โดยใช้แอปพลิเคชัน Notepad++ ที่รองรับการเขียนแอปพลิเคชันด้วย ภาษา PHP เขียนคำสั่งในการเชื่อมโยงข้อมูลในฐานข้อมูลการออกแบบโครงสร้างหน้าจอของแอปพลิเคชันการทดสอบมีดังนี้

3.1 โครงสร้างหน้าจอทั่วไปของแอปพลิเคชันการทดสอบเป็นการแจ้งรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันการทดสอบ แสดงได้ตามภาพ 18

Header
Menu
Detail

ภาพ 18 โครงสร้างหน้าจอทั่วไปของแอปพลิเคชันการทดสอบ

3.2 โครงสร้างหน้าจอการทดสอบของผู้สอบเป็นการแสดงหน้าจอการดำเนินการทดสอบสำหรับผู้สอบ มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 โครงสร้างหน้าจอการกรอกข้อมูลเบื้องต้นของผู้สอบ เป็นหน้าจอที่ให้ผู้สอบกรอกข้อมูลเบื้องต้นของตนเอง เช่น ชื่อ นามสกุล อายุ ชั้น โรงเรียน เป็นต้นแสดงได้ตามภาพ 19

Header
ข้อมูลของผู้สอบ

ภาพ 19 โครงสร้างหน้าจอกการกรอกข้อมูลเบื้องต้นของผู้สอบ

3.2.2 โครงสร้างหน้าจอกการทดสอบ เป็นหน้าจอที่แสดงข้อสอบให้แก่ผู้สอบ ซึ่งจะแสดงข้อสอบทั้งหมดทุกข้อ และมีให้เลือกทำทีละข้อ แสดงได้ตามภาพ 20

Header
ข้อสอบ

ภาพ 20 โครงสร้างหน้าจอกการทดสอบ

3.2.3 โครงสร้างหน้าจอกการรายงานผลการทดสอบเป็นหน้าจอที่แสดงรายงานผลการทดสอบให้แก่ผู้สอบ เช่น คะแนนการทดสอบ จำนวนข้อที่ใช้ในการทดสอบ ข้อมูลย้อนกลับ แสดงคำร้อยละที่แสดงความรู้ด้านคณิตศาสตร์ของการทำข้อสอบ แสดงได้ตามภาพ 21

Header
ข้อมูลเบื้องต้นของผู้สอบ
ผลการทดสอบ

ภาพ 21 โครงสร้างหน้าจอกการรายงานผลการทดสอบ

3.2.4 โครงสร้างหน้าจอกการรายงานผลการจัดการข้อสอบเป็นหน้าจอที่แสดงรายงานผลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อสอบครั้งล่าสุด เช่น จำนวนข้อสอบทั้งหมด ค่าคะแนนผลการสอบของข้อสอบ ค่าร้อยละของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แยกรายด้าน แสดงได้ตามภาพ 22

Header
Menu
Detail

ภาพ 22 โครงสร้างหน้าจอรายงานผลการจัดการทดสอบ

3.3 การทดสอบและแก้ไขแอปพลิเคชัน

เมื่อพัฒนาแอปพลิเคชันการทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ตรวจสอบแอปพลิเคชันการทดสอบ เพื่อหาจุดบกพร่อง ได้แก่ ทดลองกรอกข้อมูล ชื่อ สกุล และลองทดสอบทำข้อสอบ รวมทั้งการใช้คำสั่งในการ เขียนแอปพลิเคชันผิดพลาด ซึ่งได้ตรวจสอบทีละคำสั่งแล้วแก้ไขแอปพลิเคชันให้ถูกต้อง นอกจากนี้ เพื่อให้มั่นใจว่าแอปพลิเคชันการทดสอบที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง สามารถใช้งานได้จริง จึงรันแอปพลิเคชันการทดสอบ แล้วนำผลการทดสอบเทียบกับผลการทดสอบที่ได้จาก การศึกษาในสถานการณ์จำลอง ปรากฏว่า แอปพลิเคชันการทดสอบที่พัฒนาขึ้นให้ผลการทดสอบ เท่ากับผลการทดสอบจากการศึกษาในสถานการณ์จำลอง จึงมั่นใจได้ว่าแอปพลิเคชันการทดสอบที่ พัฒนาขึ้นไม่มีความผิดพลาด จากนั้นจึงนำแอปพลิเคชันเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอความ คิดเห็น แล้วนำข้อคิดเห็นที่ได้มาปรับปรุงแอปพลิเคชันให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

3.4 จัดทำเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน

หลังจากทดสอบและแก้ไขแอปพลิเคชันเป็นที่น่าพอใจแล้ว ได้จัดทำเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชันการทดสอบนี้ เพื่ออธิบายวิธีการใช้แอปพลิเคชัน

4. การประเมินการใช้แอปพลิเคชันและเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

4.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ ความเป็นไปได้ ความถูกต้องครอบคลุมและความเหมาะสม

4.2 สร้างเครื่องมือสำหรับการประเมินที่ประกอบด้วย 4 ด้าน ดังนี้

- 1) ด้านการทำงานของโปรแกรม (Functional)
- 2) ความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชัน (Usability)
- 3) ด้านความชัดเจนของเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน (application

Manual)

4) ด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับของผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Feedback)

การประเมินแอปพลิเคชันและเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน ดำเนินการหลังจาก ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไขและจัดทำเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน เป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยผู้วิจัยนำแอปพลิเคชันและเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชันไปประเมิน แอปพลิเคชันและเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชันซึ่งแบ่งได้ 2 ส่วน คือ การประเมิน โดยผู้เชี่ยวชาญ และการประเมินโดยผู้ทำแบบทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน โดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินแอปพลิเคชันและคู่มือการใช้แอปพลิเคชันใน 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการทำงานของ โปรแกรม (Functional) 2) ความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชัน(Usability) 3) ด้าน ความชัดเจนของเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน(application Manual) 4) ด้านการให้ข้อมูล ย้อนกลับของผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Feedback) และข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา แอปพลิเคชัน โดยใช้แบบประเมินผลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมมาก

3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 4.50 - 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 - 4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 2.50 - 3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.50 - 2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 - 1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

4.2.2 การประเมินโดยผู้ใช้งาน

การประเมินโดยผู้สอบ เป็นการประเมินความคิดเห็นในด้าน ความสะดวกในการ นำไปใช้และด้านลักษณะทั่วไปของแอปพลิเคชัน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก จำนวน

200 คน คัดเลือกด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างตามสะดวก โดยใช้แบบประเมินผลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ในลักษณะมาตรประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

4 หมายถึง พึงพอใจมาก

3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

2 หมายถึง พึงพอใจน้อย

1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 4.50 - 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 - 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 2.50 - 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.50 - 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 - 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ขั้นที่ 1.4 การสร้างเกณฑ์ประเมินผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ไปสร้างผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการประเมินผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยได้ทำการสังเคราะห์ เกณฑ์การประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จากการสรุปลักษณะของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ (ผลการประเมิน PISA 2009 – 2022) และทำการสร้างเกณฑ์ปกติและการแปลความหมายของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ดังเกณฑ์การให้ระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ดังตาราง 16

ตาราง 16 สรุปเกณฑ์ลักษณะของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ 5 ระดับ ที่ให้ข้อมูลย้อนกลับ

ระดับ	ช่วงคะแนน	ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน
5 ดีมาก	24-30	นักเรียนสามารถสร้างกรอบความคิด สร้างข้อสรุป และใช้ประโยชน์
	คิดเป็น	ของข้อมูลบนพื้นฐานของการสำรวจตรวจสอบและการสร้างตัวแบบ
	ร้อยละ	ของสถานการณ์ที่ซับซ้อนของปัญหา และสามารถใช้ความรู้ในบริบท
	80-100	ที่ไม่คุ้นเคยและไม่เป็นไปตามแผนที่มีความก่อน นักเรียนสามารถสร้าง

ระดับ	ช่วงคะแนน	ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน
		และใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) สำหรับปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน สามารถระบุข้อจำกัดและข้อตกลงเบื้องต้นเฉพาะเรื่องนั้นๆ สามารถเลือก เปรียบเทียบ และประเมินถึงกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่เหมาะสม สามารถทำงานอย่างมีกลยุทธ์ โดยใช้ทักษะการคิดและทักษะการให้เหตุผล โดยนำมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสมกับการนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ สัญลักษณ์และลักษณะของโจทย์คณิตศาสตร์ และมองเห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงของสิ่งเร้าที่เข้ากับสถานการณ์ นักเรียนที่ระดับนี้เริ่มพัฒนาความสามารถในการทำงานของตน และสามารถสื่อสารโดยการสรุปความและตีความในรูปแบบการเขียนได้
4 ดี	18-23 คิดเป็น ร้อยละ 60-79	นักเรียนสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบชัดเจน แต่อยู่ในสถานการณ์ซับซ้อนที่ค่อนข้างเป็นรูปธรรม และอาจมีข้อจำกัดเข้ามาเกี่ยวข้อง หรืออาจต้องมีการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นบ้าง นักเรียนสามารถเลือกและบูรณาการการนำเสนอแบบต่าง ๆ หลายแบบรวมทั้งการใช้สัญลักษณ์แทน โดยนำมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง นักเรียนที่ระดับนี้สามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่จำกัดและสามารถใช้เหตุผลด้วยความเข้าใจในสถานการณ์ที่ตรงไปตรงมาได้ สามารถสร้างและสื่อสารคำอธิบายหรือข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของการตีความการโต้แย้ง และการกระทำของตนเอง
3 ปานกลาง	12-17 คิดเป็น ร้อยละ 40-59	นักเรียนสามารถทำโจทย์ตามตัวอย่างหรือวิธีการที่บอกไว้ชัดเจน รวมทั้งโจทย์ที่ต้องเลือกลำดับขั้นตอนด้วย การตีความของนักเรียนเพียงพอสำหรับเป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองอย่างง่าย หรือสำหรับการเลือกและการใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนสำหรับการแก้ปัญหานักเรียนที่ระดับนี้สามารถตีความและใช้การนำเสนอทางคณิตศาสตร์จากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกันและใช้ความเป็นเหตุผลโดยตรงจากแหล่งข้อมูลนั้น ๆ ได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ร้อยละ เศษส่วน

ระดับ	ช่วงคะแนน	ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน
		และทศนิยม และหาความสัมพันธ์ในเชิงสัดส่วน การแก้ปัญหาของนักเรียนสะท้อนให้เห็นว่ามีการตีความและใช้ความเป็นเหตุเป็นผลในขั้นพื้นฐานได้
2 น้อย	6-11 คิดเป็นร้อยละ 20-39	นักเรียนสามารถตีความ แปลความ และรู้สถานการณ์ในบริบทที่ไม่ซับซ้อนที่ต้องการตัวอ้างอิงไม่เกินสองตัว สามารถสกัดสาระสำคัญจากแหล่งเดียว และสามารถใช้รูปแบบการนำเสนออย่างง่าย ๆ เพียงขั้นเดียว นักเรียนที่ระดับนี้สามารถใช้ลำดับขั้นตอนสูตรคำนวณ กระบวนการ หรือข้อตกลงเบื้องต้น เพื่อแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเลขจำนวนเต็มและสามารถตีความผลลัพธ์ที่ได้แบบตรงไปตรงมา ระดับ 2 ถือว่าเป็นระดับพื้นฐานที่ควรจะมี (Minimum requirement) เป็นระดับที่แสดงว่านักเรียนพอจะใช้ประโยชน์จากคณิตศาสตร์ในชีวิตได้ในระดับเริ่มต้น
1 น้อยที่สุด	0-5 คิดเป็นร้อยละ 0-19	นักเรียนสามารถตอบคำถามคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทที่เคยพบหรือคุ้นเคยมาก่อน ซึ่งบริบทต้องให้ข้อมูลที่ชัดเจนและเป็นคำถามที่ถามตรงๆ อย่างชัดเจน สามารถระบุสาระที่ต้องการและสามารถทำโจทย์ปัญหาตามขั้นตอนที่เคยทำเป็นประจำโดยทำตามคำสั่งที่บอกไว้ในสถานการณ์อย่างชัดเจน สามารถทำได้เฉพาะเมื่อมีการบอกอย่างชัดเจนและทำโจทย์ตามตัวอย่างที่กำหนดให้ได้

ระยะที่ 2 การศึกษาผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ในการศึกษาผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก จำนวน 1,489 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก จำนวน 460 คน จากโรงเรียนจำนวน 12 โรงเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 460 คน (จากตารางสำเร็จรูปของ Taro Yamane)

2.2 การดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มตัวอย่างตามวิธีสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Random Sampling) วิธีสุ่มตามขั้นตอนดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553, น. 59)

ขั้นที่ 1 สุ่มโรงเรียนตามขนาดของโรงเรียน โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Sampling) โดยใช้ขนาดโรงเรียนเป็นชั้น ใช้โรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม การกำหนดขนาดโรงเรียนตามที่สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ประจำปี พ.ศ. 2567 ได้พิจารณาเห็นชอบการกำหนดขนาดสถานศึกษาตามจำนวนนักเรียน เป็น 4 ขนาด ดังนี้ สถานศึกษาขนาดเล็ก จำนวนนักเรียน ตั้งแต่ 119 คนลงมา สถานศึกษาขนาดกลางจำนวนนักเรียน ตั้งแต่ 120 – 719 คน สถานศึกษาขนาดใหญ่ จำนวนนักเรียน ตั้งแต่ 720 – 1,679 คน สถานศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ จำนวนนักเรียน ตั้งแต่ 1,680 คนขึ้นไป ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองสอบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของแบบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 12 โรงเรียน จำแนกเป็นขนาดใหญ่พิเศษ 1 โรงเรียน ขนาดใหญ่ 1 โรงเรียน ขนาดกลาง 4 โรงเรียน ขนาดเล็ก 6 โรงเรียน

ขั้นที่ 2 สุ่มห้องเรียนในแต่ละโรงเรียน โดยการสุ่มจำนวนห้องเรียนจากโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยโรงเรียนขนาดเล็กและโรงเรียนขนาดกลาง สุ่มโรงเรียนละ 1-2 ห้อง โรงเรียนขนาดใหญ่และโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สุ่มโรงเรียนละ 3-4 ห้อง ได้ห้องเรียน 23 ห้องเรียน ดังตาราง 17 จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองสอบ เพื่อหาค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพของแบบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำแนกตามขนาดของโรงเรียน

ตาราง 17 จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำแนกตามขนาดของโรงเรียน

ขนาด โรงเรียน	โรงเรียน	อำเภอ	จำนวน (ห้องเรียน)	จำนวน (นักเรียน)
ใหญ่พิเศษ	ตากพิทยาคม	เมืองตาก	4	101
ใหญ่	ผดุงปัญญา	เมืองตาก	2	40
กลาง	บ้านตาก “ประชาวิทยาการ”	บ้านตาก	1	27
	ท่าสองยางพิทยาคม	ท่าสองยาง	2	53
	แม่กุวิทยาคม	แม่สอด	1	24
	อุ้มผางวิทยาคม	อุ้มผาง	4	117
	วังเจ้าวิทยาคม	วังเจ้า	1	12
	วังประจวบพิทยาคม	เมืองตาก	1	23
	ทุ่งฟ้าวิทยาคม	บ้านตาก	1	26
	แม่ปะวิทยาคม	แม่สอด	1	23
	ยกกระบัตรวิทยาคม	สามเงา	2	5
	ด่านแม่ละเมาวิทยาคม	แม่สอด	1	9
รวม			23	460

จากตาราง 17 พบว่า มีโรงเรียนจำนวน 12 โรงเรียน เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 1 โรงเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่ 1 โรงเรียน โรงเรียนขนาดกลาง 4 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดเล็ก 6 โรงเรียน

ขั้นที่ 3 ให้นักเรียนในห้องเรียนทุกคนในห้องเป็นหน่วยการสุ่มใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยการเทียบสัดส่วนตามความเหมาะสมคือ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดใหญ่ จะสุ่มกลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก โรงเรียนขนาดกลางและโรงเรียนขนาดเล็กจะสุ่มกลุ่มตัวอย่างจำนวนน้อย

ขั้นที่ 4 ให้นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มตัวอย่างของโรงเรียนด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 460 คน ใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

3. การประเมินการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเอกสารแนวทางการใช้งาน ดำเนินการหลังจากทดสอบ โดยผู้วิจัยนำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเอกสารแนวทางการใช้งานโดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การประเมินโดยนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง การประเมินโดยผู้สอบ เป็นการประเมินความคิดเห็นในด้านความสะดวกในการ นำไปใช้และด้านลักษณะทั่วไปของแอปพลิเคชัน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก จำนวน 460 คน คัดเลือกด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างตามสะดวก โดยใช้แบบประเมินผลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ในลักษณะมาตรประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด 4 หมายถึง พึงพอใจมาก 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 4.50 - 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด
 คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 - 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
 คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 2.50 - 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
 คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.50 - 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
 คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 - 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้เป็นกลุ่ม Try Out และกลุ่มตัวอย่างตามลำดับในการวิจัยครั้งนี้

2. ขอความร่วมมือกับโรงเรียนของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ และผู้วิจัยดำเนินการนำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไปให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบ การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

3. ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สำหรับกลุ่มตัวอย่างนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ โดยใช้วิธีทางสถิติต่อไป

ระยะที่ 3 การศึกษาคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ในการศึกษาคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ภายหลังจากที่ใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก จำนวน 460 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก จำนวน 60 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูลภูมิหลังของกลุ่มเป้าหมายโดยใช้การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ฉบับที่พัฒนา ก่อนการใช้แพลตฟอร์มดิจิทัล

3.2.2 การจัดกิจกรรมระหว่างเรียนรู้ ด้วยแพลตฟอร์มดิจิทัล ให้นักเรียนฝึกใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลทำแบบทดสอบพร้อมรับข้อมูลย้อนกลับตามที่ระบบกำหนด จัดให้มีเวลาทำแบบทดสอบอย่างเหมาะสม และบันทึกข้อมูลผลการทำแบบทดสอบผ่านระบบอัตโนมัติ

3.2.3 การทดสอบหลังเรียน (Post-test) ภายหลังจากการใช้แพลตฟอร์มดิจิทัล ให้นักเรียนทำแบบทดสอบชุดเดียวกับ Pre-test อีกครั้ง เพื่อวัดพัฒนาการด้านความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

ภายหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามที่ได้กำหนดไว้ ผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้จากการทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน มาดำเนินการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการ เพื่อพิจารณาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูลภูมิหลังของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

3.3.2 การวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการผู้วิจัยใช้คะแนนจากแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 คน ก่อนเรียน (Pretest) และแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน (Posttest) มาคำนวณ คะแนนพัฒนาการโดยใช้สูตร คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Scores) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) ซึ่งสูตรดังกล่าว แสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$RG = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(F - Y_1)} \times 100$$

เมื่อ F คือ คะแนนเต็ม

Y_1 คือ คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์หลังเรียน

ผู้วิจัยได้ใช้คะแนนจากแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (Pretest) และแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน (Posttest) มาศึกษาพัฒนาการของผู้เรียนโดยใช้คะแนนพัฒนาสัมพัทธ์ จากนั้นจึงนำคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนพัฒนาการตามเกณฑ์ ดังตาราง 18

ตาราง 18 เกณฑ์เทียบระดับคะแนนพัฒนาการ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552)

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ
76-100	พัฒนาการระดับสูงมาก
51-75	พัฒนาการระดับสูง
26-50	พัฒนาการระดับปานกลาง
0-25	พัฒนาการระดับต้น
0	ไม่มีพัฒนาการ
คะแนนติดลบ	พัฒนาการลดลง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามหัวข้อ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

a	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
b	แทน	ค่าความยากของข้อสอบ
C	แทน	ค่าการเดาของข้อสอบ
$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
IIF	แทน	แสดงข้อมูลที่แต่ละข้อสอบให้ในแต่ละระดับความสามารถ
TIF	แทน	รวมสารสนเทศของทุกข้อมาก = ข้อสอบแม่นยำในช่วงนั้นของ θ
x^2	แทน	สถิติไคสแควร์
Df	แทน	องศาความเป็นอิสระ
P	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ
RMSEA	แทน	ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ
CFI	แทน	ตัวชี้วัดที่ใช้เปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดล
TLI	แทน	เป็นตัววัดที่คำนึงถึงความซับซ้อนของโมเดล
SRMR	แทน	ค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อน (Residuals)

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีจุดประสงค์สำคัญ พัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ศึกษาผลการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ศึกษาแผนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

- 1.1 ผลการพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์
- 1.2 ผลการหาคุณภาพของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์และการคำนวณค่าฟังก์ชันสารสนเทศ
- 1.3 ผลการนำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ไปสร้างผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
- 1.4 ผลการหาความเหมาะสมและความพึงพอใจของแอปพลิเคชันแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ไปสร้างผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 2 การศึกษาผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 3 การศึกษาผลคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.1 ผลการพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผลการพิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบกับเนื้อหา กับข้อสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ ได้มาจากการที่ผู้วิจัย ดำเนินการออกข้อสอบเพื่อพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ในเนื้อหา จำนวน 40 ข้อ และให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหา และความเหมาะสม ผลการพิจารณาความสอดคล้อง ความเหมาะสม องค์กรประกอบและตัวบ่งชี้กับ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 คน พิจารณาความสอดคล้อง ของเนื้อหาและความเหมาะสม มีค่า IOC .60 ถึง 1.00 (รายละเอียดตามภาคผนวก ฉ) มีค่าความยาก อยู่ระหว่าง 0.23 - 0.90 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.53 (รายละเอียดตามภาคผนวก ข) ได้ข้อสอบผ่านการพิจารณาความสอดคล้องกับเนื้อหาและมีความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ และตัดข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ และคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ไว้เพื่อจัดทำแบบทดสอบ จำนวน 30 ข้อ

1.2 การหาคุณภาพของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จากการทดสอบกับกลุ่มทดลอง 483 คน เป็นการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของแบบทดสอบ ตามหลักทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ประกอบด้วย ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) ค่าความ ยากของข้อสอบ (b) และค่าการเดาของข้อสอบ (c) โดยใช้โปรแกรม IRTPRO สำหรับการประมาณ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ซึ่งมีเกณฑ์การคัดเลือกข้อสอบ ดังนี้ เกณฑ์การคัดเลือกข้อสอบ (Urry, 1977)

- ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 2.50
- ค่าความยากของข้อสอบ (b) มีค่าตั้งแต่ -2.50 ถึง 2.50
- ค่าการเดาของข้อสอบ (c) มีค่าไม่เกิน 0.30

สรุปผลค่าพารามิเตอร์ของแบบทดสอบรายข้อ ด้วยโปรแกรม IRTPRO ผลของ แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ดังตาราง 19

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบค่าพารามิเตอร์ (a, b และ c) ของแบบทดสอบ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์							
	a	b	c	-6	-3	0	3	6
1	1.435	-1.772	0.167	1.104	5.220	2.928	6.677	1.285
2	0.887	1.548	0.189	5.400	1.013	1.073	3.455	4.474
3	1.236	-0.816	0.137	1.408	4.833	7.542	1.445	9.398
4	0.513	1.081	0.135	2.471	2.521	2.572	2.622	2.670

ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์							
	a	b	c	-6	-3	0	3	6
5	0.557	2.050	0.136	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000
6	0.522	1.625	0.115	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
7	5.782	1.569	0.179	1.104	2.234	3.688	3.230	1.050
8	0.568	-1.454	0.007	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
9	0.749	-1.594	0.002	0.018	0.106	0.099	0.016	0.001
10	0.520	-0.757	0.001	0.015	0.048	0.064	0.029	0.007
11	0.939	0.487	0.001	0.001	0.029	0.209	0.068	0.004
12	0.827	0.568	0.000	0.002	0.031	0.162	0.070	0.007
13	1.080	0.411	0.000	0.001	0.027	0.278	0.062	0.002
14	1.540	0.169	0.000	9.014	1.709	5.842	2.875	2.984
15	1.379	0.472	0.000	0.000	0.015	0.430	0.053	0.000
16	1.740	0.647	0.000	4.638	4.983	5.659	4.734	2.725
17	2.340	0.513	0.000	6.487	4.881	9.864	1.549	1.452
18	2.751	0.680	0.000	6.497	6.681	8.953	1.213	3.328
19	3.269	0.718	0.022	4.091	1.200	7.085	5.658	3.307
20	2.712	0.708	0.041	2.680	2.833	6.321	1.335	4.120
21	3.187	0.894	0.023	3.589	6.432	3.843	1.139	8.530
22	2.588	0.971	0.043	3.193	1.609	3.012	3.177	1.429
23	4.474	0.703	0.036	4.845	1.880	4.507	6.121	9.825
24	2.964	0.825	0.000	7.025	3.236	6.616	1.316	1.912
25	2.845	0.999	0.075	5.035	1.175	1.782	2.383	4.965
26	2.549	0.827	0.043	1.110	4.423	4.574	2.315	1.168
27	2.789	0.857	0.065	2.729	4.573	3.406	1.747	4.290
28	1.448	0.973	0.013	2.763	1.245	3.140	9.679	1.427
29	1.596	0.619	0.000	1.231	7.361	5.079	5.299	4.741
30	0.963	0.682	0.011	0.000	0.017	0.202	0.079	0.005

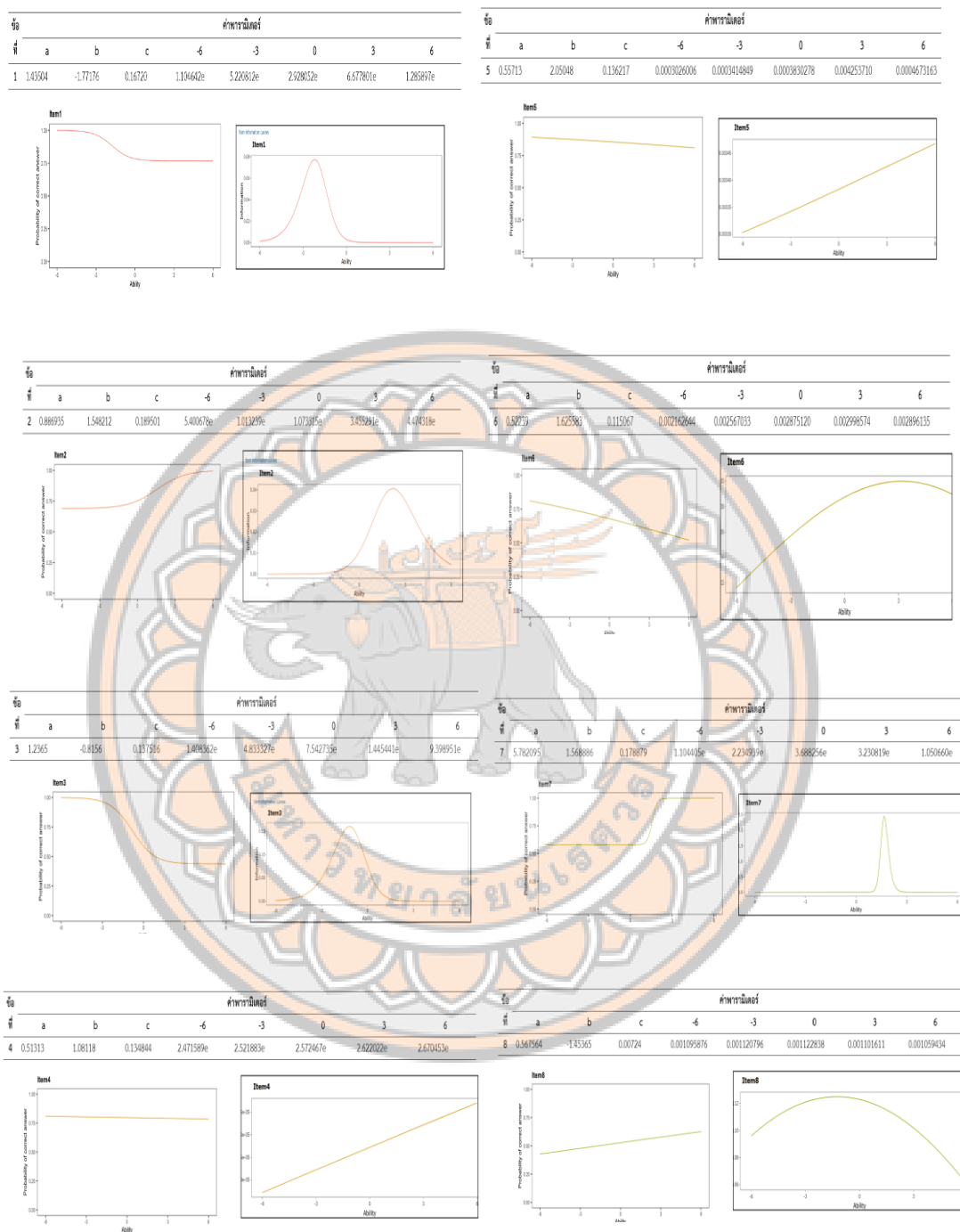
จากตาราง 19 ข้อสอบในแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ มีแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่มีอำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) ตั้งแต่ 0.513 ถึง 5.782 ค่าความยากของข้อสอบ (b) ตั้งแต่ -1.772 ถึง 2.050 ค่าการเดาของข้อสอบ (c) ตั้งแต่ 0.000 ถึง 0.189

ตาราง 20 ผลการตรวจสอบค่าความเที่ยงของแบบทดสอบตามหลักทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์

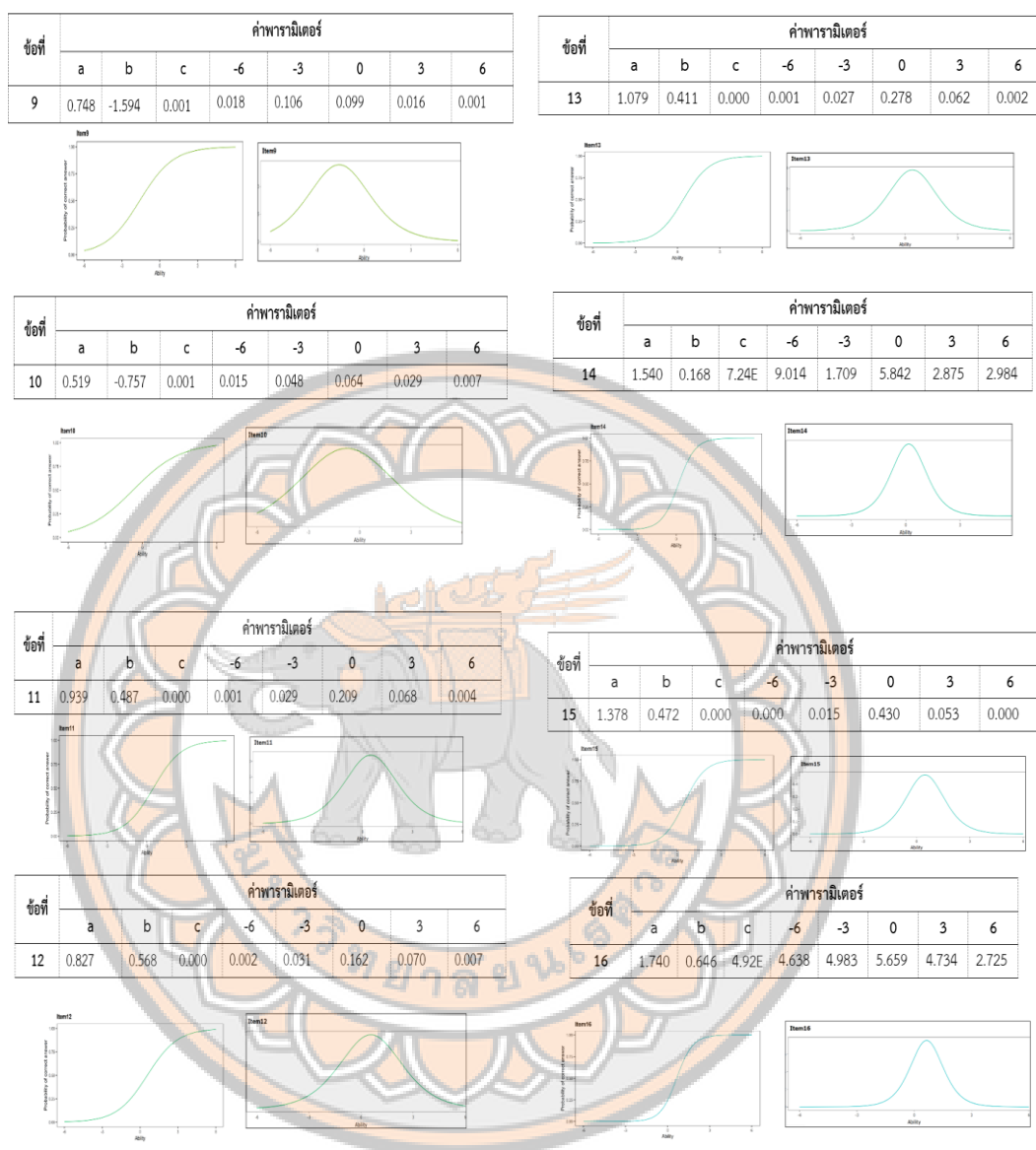
แบบทดสอบ	df	p	RMSEA	RMSEA_5	RMSEA_95	SRMSR	TLI	CFI
ความฉลาดรู้								
ด้าน	375	0	0.076	0.072	0.08	0.082	0.874	0.892
คณิตศาสตร์								

จากตาราง 20 ผลการตรวจสอบค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ ตามหลักทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ พบว่า แบบทดสอบ มีความเที่ยง (Reliability) เท่ากับ 0.892 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์

ผลค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) พบว่าค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) มีความสามารถสูงสุดอยู่ระหว่าง -6 ถึง 6 สรุปภาพรวมคุณลักษณะของข้อสอบ ทั้ง 30 ข้อ ตามพารามิเตอร์สำคัญค่าอำนาจจำแนก (a) มีค่าระหว่าง 0.513 – 5.782 ข้อสอบส่วนใหญ่มีอำนาจจำแนกปานกลางมีข้อสอบที่โดดเด่น 3 ข้อ คือ ข้อ 7 (a = 5.782) ข้อ 19 (a = 3.269) ข้อ 21 (a = 3.187) ค่าความยากง่าย (b) มีค่าเฉลี่ยกระจายระหว่าง -2 ถึง 2 มีความหลากหลายค่อนข้างมาก มีข้อสอบที่มีความยากแตกต่างกันชัดเจน ข้อสอบที่มีความยากสูงสุด คือ ข้อ 5 (b = 2.050) ข้อสอบที่มีความยากต่ำสุด คือ ข้อ 1 (b = -1.772) ค่าการเดา (c) มีค่าเฉลี่ย ประมาณ 0.05-0.10 ส่วนใหญ่มีค่าการเดาต่ำมาก มีข้อสอบที่มีค่าการเดาสูงสุด คือ ข้อ 2 (c = 0.189) การกระจายค่าสารสนเทศข้อสอบส่วนใหญ่มีค่าสารสนเทศสูงบริเวณระดับความสามารถปานกลาง (0) ข้อสอบที่มีค่าสารสนเทศสูงสุด คือ ข้อ 23 สรุปภาพรวมแบบทดสอบมีคุณภาพค่อนข้างดี มีความหลากหลายของระดับความยาก มีประสิทธิภาพในการวัดความสามารถของผู้สอบที่ระดับปานกลาง โดยแสดง ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) ของข้อสอบ 30 ข้อ ดังภาพ 23 – 26

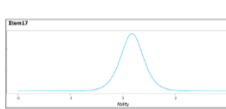
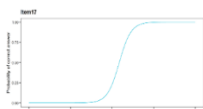


ภาพ 23 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) ข้อ 1 - 8



ภาพ 24 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) ข้อ 9 - 16

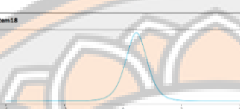
ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์							
	a	b	c	-6	-3	0	3	6
17	2.340	0.513	0.000	6.487	4.881	9.864	1.549	1.452



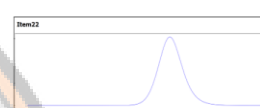
ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์							
	a	b	c	-6	-3	0	3	6
21	3.186	0.894	0.022	3.589	6.432	3.843	1.139	8.530



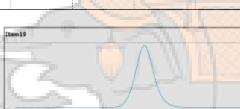
ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์							
	a	b	c	-6	-3	0	3	6
18	2.751	0.680	0.000	6.497	6.681	8.953	1.213	3.328



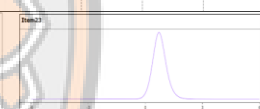
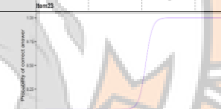
ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์							
	a	b	c	-6	-3	0	3	6
22	2.587	0.971	0.042	3.193	1.609	3.012	3.177	1.429



ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์							
	a	b	c	-6	-3	0	3	6
19	3.269	0.717	0.021	4.091	1.200	7.085	5.658	3.307



ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์							
	a	b	c	-6	-3	0	3	6
23	4.474	0.702	0.035	4.845	1.880	4.507	6.121	9.825



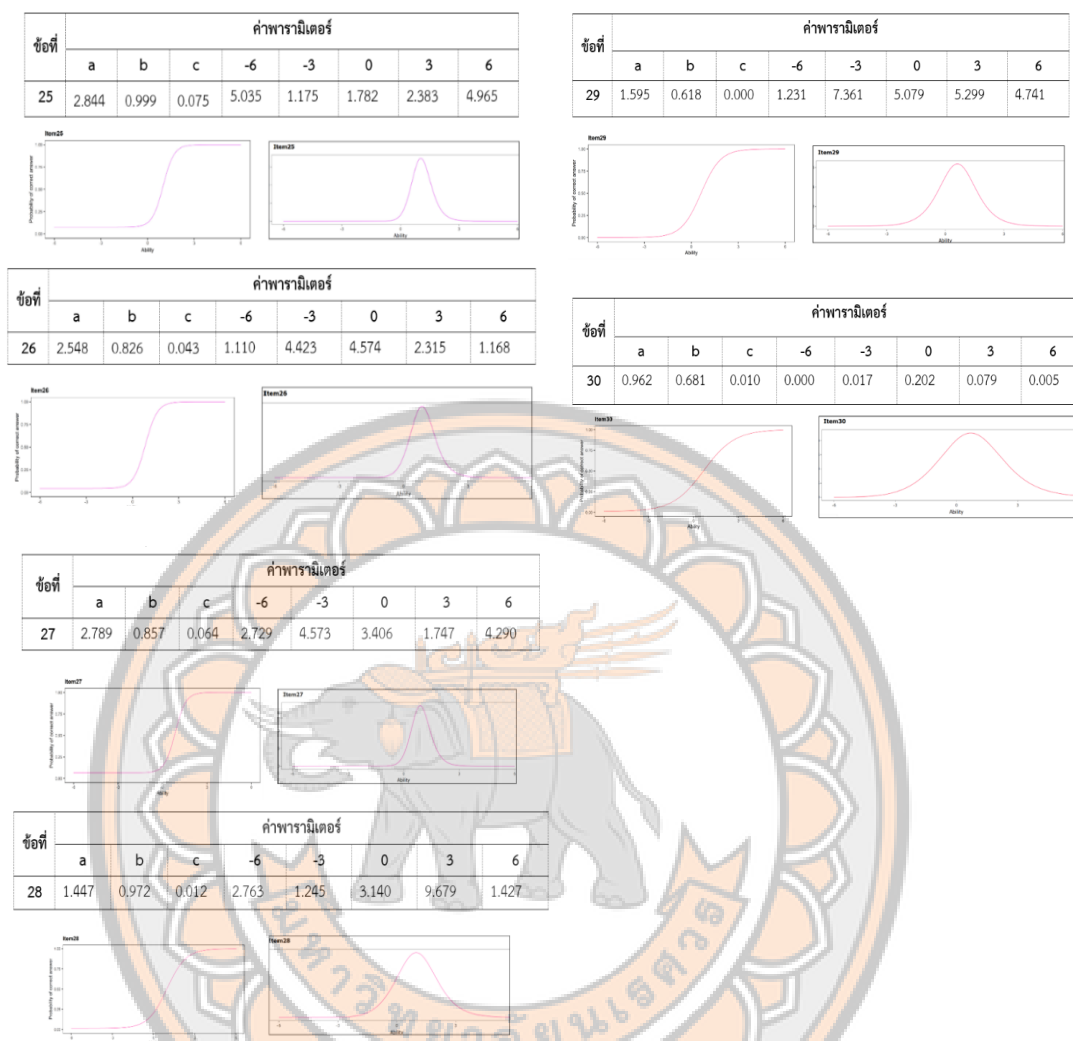
ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์							
	a	b	c	-6	-3	0	3	6
20	2.712	0.707	0.041	2.680	2.833	6.321	1.335	4.120



ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์							
	a	b	c	-6	-3	0	3	6
24	2.964	0.825	0.000	7.025	3.236	6.616	1.316	1.912



ภาพ 25 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) ข้อ 17 - 24

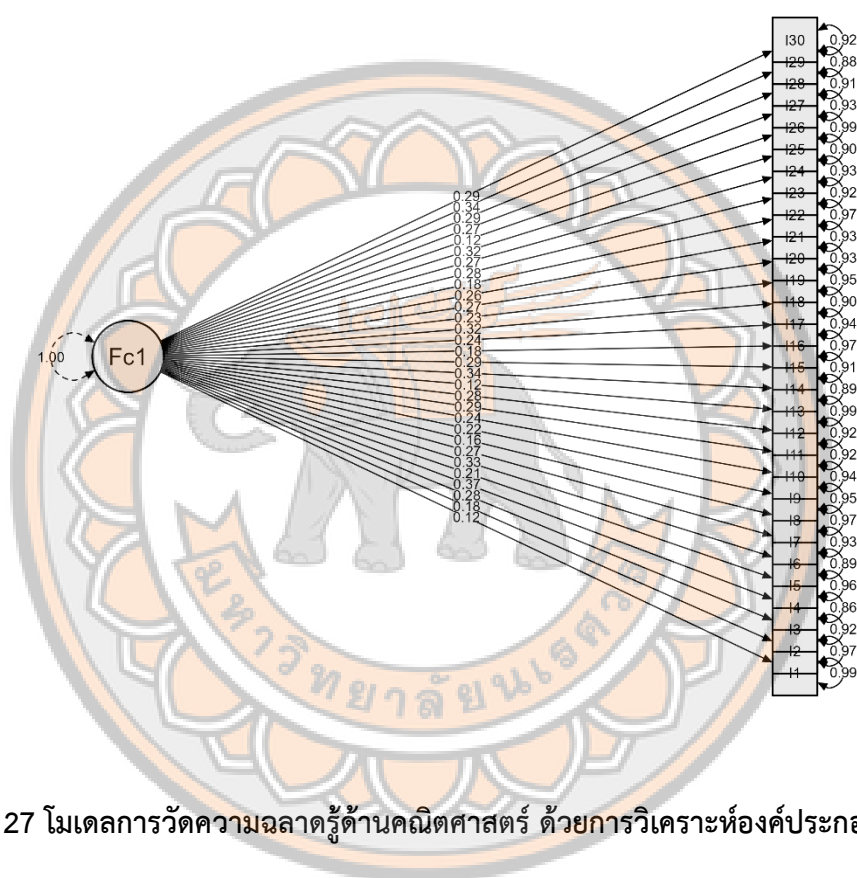


ภาพ 26 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) ข้อ 25 - 30

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) เพื่อยืนยันโครงสร้างปัจจัยของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ 1. ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ 2. เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา 3. สถานการณ์และบริบทซึ่งแต่ละองค์ประกอบประกอบด้วยตัวบ่งชี้ ดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1) การคิด/แปลงปัญหา 2) การใช้คณิตศาสตร์ 3) การตีความและประเมิน และ 4) การให้เหตุผล

ทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบที่ 2 เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 1) ปริมาณ 2) ความไม่แน่นอนและข้อมูล 3) การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ และ 4) ปริภูมิ และรูปทรง องค์ประกอบที่ 3 สถานการณ์และบริบทประกอบด้วย 1) ส่วนตัว 2) อาชีพ 3) สังคม และ 4) วิทยาศาสตร์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ด้วยโปรแกรม IRTPRO ได้ผล ดังภาพ 27



ภาพ 27 โมเดลการวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

$\chi^2 = 398.451$ df = 405, p - value = 0.582, RMSEA = 0.000, CFI = 1.000, TLI = 1.017, SRMR = 0.037)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ค่าสถิติทดสอบที (t - value) และค่าความเที่ยง (R^2) ของตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ดังตาราง 21

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ
และตัวบ่งชี้ของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

ข้อสอบ	Factor Loading	S.E.	t	R ²
ตัวแปรสังเกตได้				
ข้อสอบที่ 1	0.059	0.027	2.163	0.014
ข้อสอบที่ 2	0.088	0.027	3.218	0.031
ข้อสอบที่ 3	0.142	0.027	5.269	0.080
ข้อสอบที่ 4	0.185	0.027	6.942	0.136
ข้อสอบที่ 5	0.105	0.027	3.863	0.044
ข้อสอบที่ 6	0.163	0.027	6.102	0.107
ข้อสอบที่ 7	0.134	0.027	4.960	0.072
ข้อสอบที่ 8	0.082	0.027	3.000	0.027
ข้อสอบที่ 9	0.111	0.027	4.095	0.049
ข้อสอบที่ 10	0.120	0.027	4.450	0.058
ข้อสอบที่ 11	0.144	0.027	5.366	0.083
ข้อสอบที่ 12	0.141	0.027	5.233	0.079
ข้อสอบที่ 13	0.060	0.027	2.201	0.014
ข้อสอบที่ 14	0.168	0.027	6.310	0.114
ข้อสอบที่ 15	0.146	0.027	5.436	0.085
ข้อสอบที่ 16	0.088	0.027	3.242	0.031
ข้อสอบที่ 17	0.118	0.027	4.366	0.056
ข้อสอบที่ 18	0.159	0.027	5.925	0.101
ข้อสอบที่ 19	0.115	0.027	4.229	0.052
ข้อสอบที่ 20	0.135	0.027	5.014	0.073
ข้อสอบที่ 21	0.131	0.027	4.859	0.069
ข้อสอบที่ 22	0.089	0.027	3.261	0.031
ข้อสอบที่ 23	0.139	0.027	5.147	0.077
ข้อสอบที่ 24	0.135	0.027	4.989	0.072

ข้อสอบ	Factor Loading	S.E.	t	R ²
ตัวแปรสังเกตได้				
ข้อสอบที่ 25	0.161	0.027	6.029	0.104
ข้อสอบที่ 26	0.060	0.027	2.213	0.015
ข้อสอบที่ 27	0.135	0.027	5.019	0.073
ข้อสอบที่ 28	0.146	0.027	5.453	0.086
ข้อสอบที่ 29	0.170	0.027	6.381	0.116
ข้อสอบที่ 30	0.144	0.027	5.341	0.083

$\chi^2 = 398.451$ df = 405, p - value = 0.582, RMSEA = 0.000, CFI = 1.000, TLI = 1.017, SRMR = 0.037)

จากตาราง 21 พบว่า เมื่อพิจารณาสถิติทดสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลการวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมติกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า ค่าไคสแควร์มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 398.451$, df = 405, p - value = 0.582) และค่า RMSEA = 0.000 มีค่าเข้าใกล้ 0 ค่า CFI = 1.000 และค่า TLI = 1.017 มีค่าใกล้ 1 และค่า SRMR = 0.037 มีค่าใกล้ 0 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์แสดงว่า โมเดลการวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ เมื่อพิจารณาค่า Factor Loading พบว่า มีค่าระหว่าง 0.059-0.185 และมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า แสดงว่า โมเดลการวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์มีความตรงเชิงโครงสร้าง

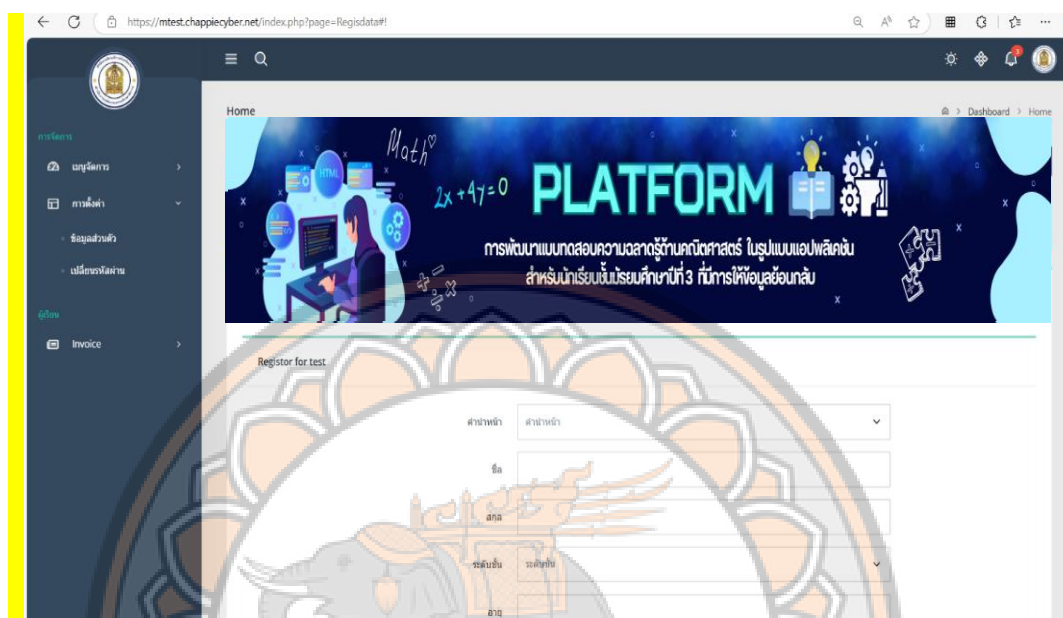
1.3 ผลการนำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

โดยผู้วิจัยออกแบบโปรแกรม สร้างฝั่งงานโปรแกรม เขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษา PHP และตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมเบื้องต้นก่อนส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของโปรแกรมและเอกสารแนวทางการใช้งานโปรแกรม ปรับปรุงโปรแกรมและ เอกสารแนวทางการใช้งานตามคำแนะนำ ของผู้เชี่ยวชาญและจัดทำ เป็นโปรแกรม และเอกสารแนวทางการใช้งานโปรแกรม ต้นฉบับ โดยนำ เสนอผลการวิเคราะห์ดังนี้

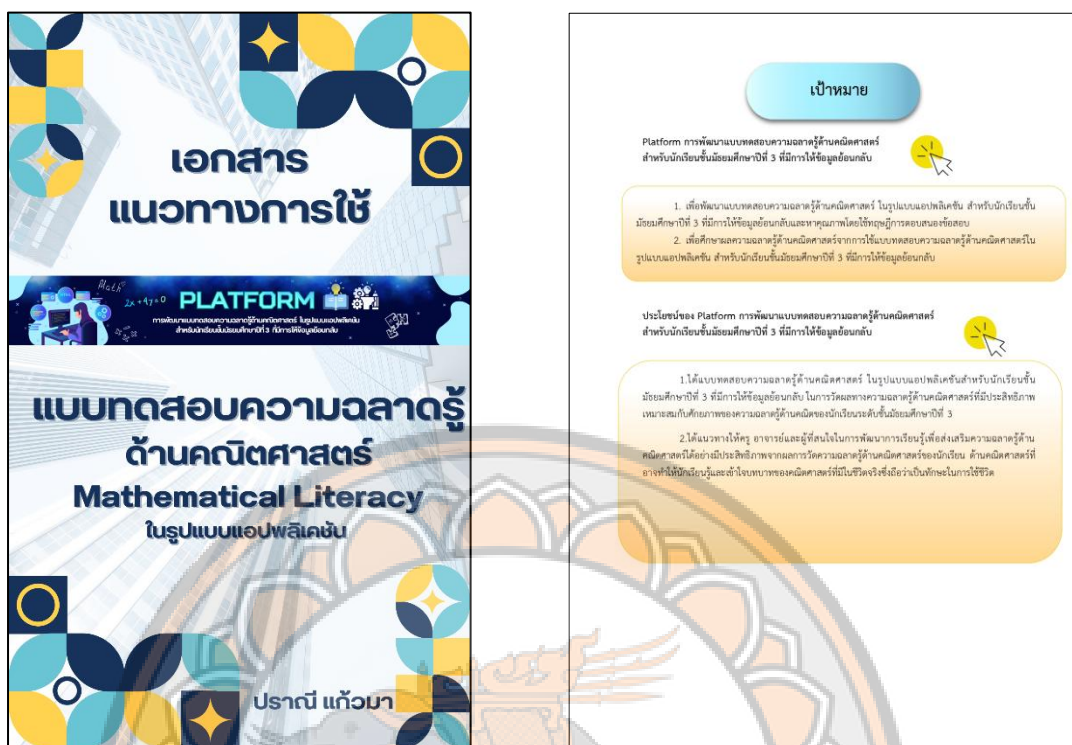
ผลการออกแบบโปรแกรม

แบบทดสอบความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยหน้าจอหลัก และหน้าจอย่อย ๆ ซึ่งมีปุ่มคำสั่งต่าง ๆ ดังนี้ หน้าจอหลัก ประกอบด้วยปุ่มคำสั่งต่าง ๆ และผู้วิจัยได้จัดทำเอกสารแนวทางการใช้งานโปรแกรม ซึ่งในส่วนของหน้าจอนี้ ผู้ใช้งานสามารถเขาไปศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ก่อนทำการทดสอบและศึกษาข้อมูล การใช้งานอย่างละเอียดจากเอกสารแนวทางการใช้งานโปรแกรม ส่วนประกอบต่าง ๆ ของหน้าจอหลัก แสดงดัง ภาพ 28 และ 29



ภาพ 28 หน้าจอแรกของแบบทดสอบความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล
ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
เมื่อใช้งานโปรแกรมที่เว็บไซต์ <https://mtest.chappiecyber.net/index.php>



ภาพ 29 เอกสารแนวทางการใช้งานแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยได้สร้างเอกสารแนวทางการใช้งานของแบบทดสอบความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยสรุป ดังภาพ 30-36

1

วิธีการใช้งาน สำหรับนักเรียน

Platform การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

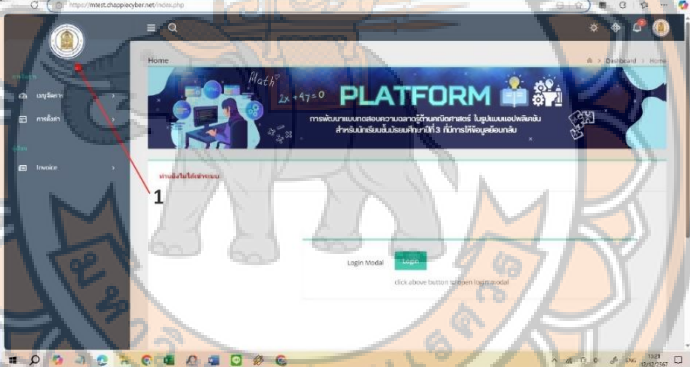


Platform การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ในรูปแบบของแฟลตฟอร์ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

1. เข้าไปที่ Link <http://mtest.chappiecyber.mnet/index.php> หรือ QR Code



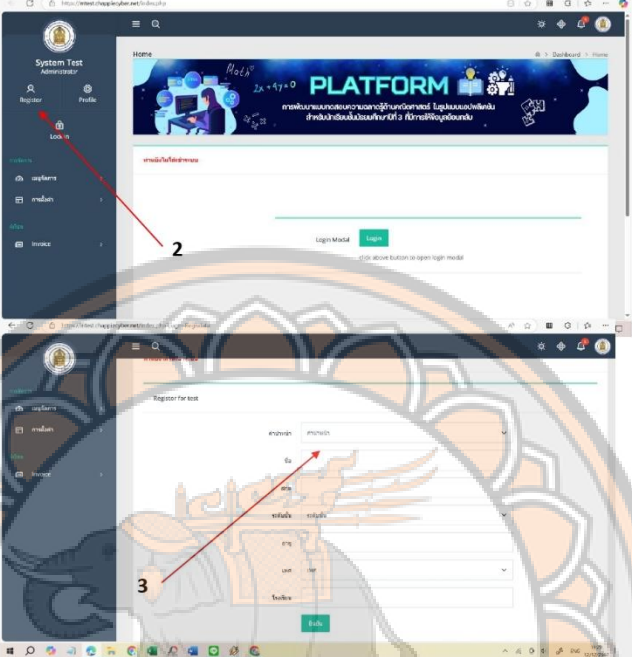
2. จะเข้าสู่เว็บไซต์ ดังนี้ จากนั้นให้นักเรียน คลิกไปที่ 1



ภาพ 30 ขั้นตอนการเข้าเว็บไซต์โปรแกรม

2

3. จากนั้นให้นักเรียนเข้าไปสมัคร โดยกดตรงหมายเลข ❷ และลงละเอียดข้อมูลส่วนตัวให้สมบูรณ์ครบถ้วน ตามรายละเอียด ❸ จากนั้นกด ปุ่ม ยืนยัน



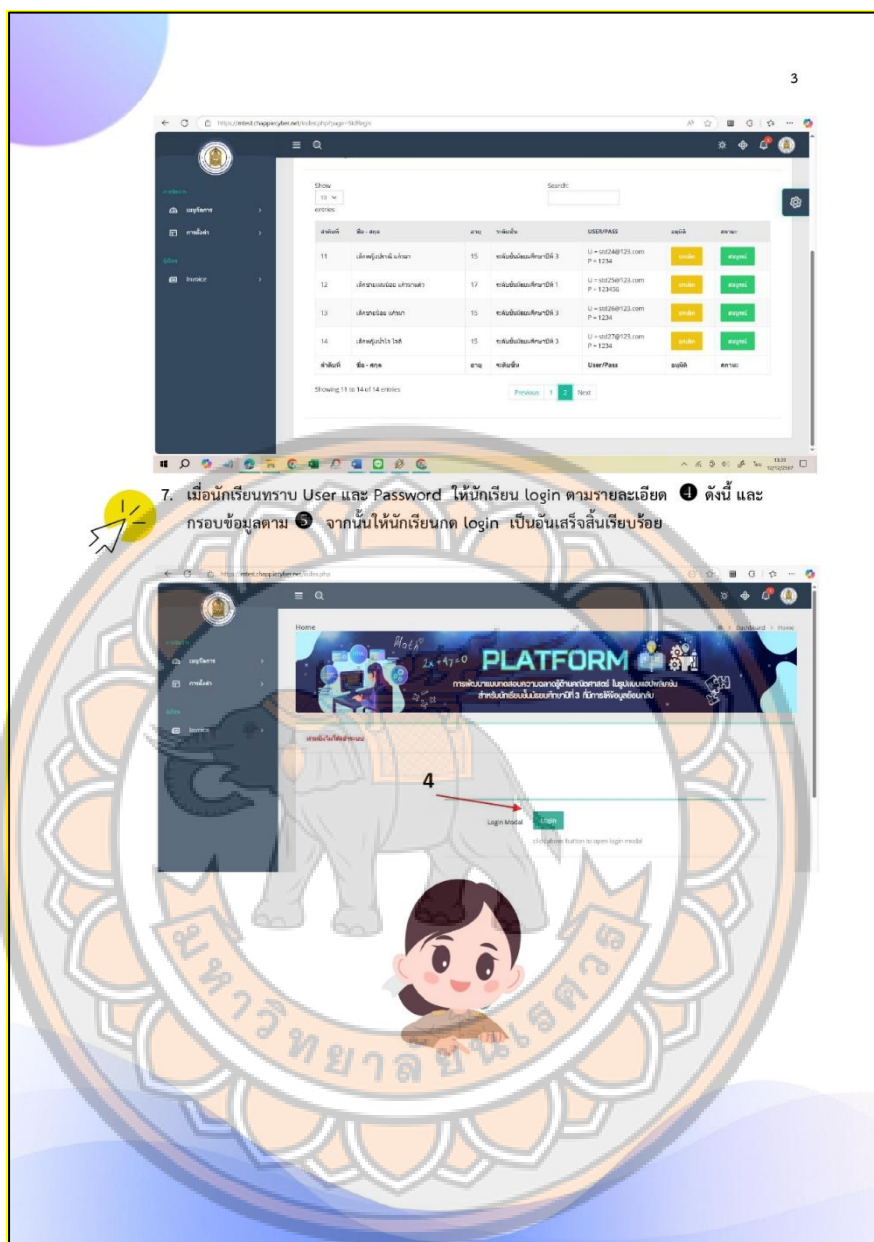
4. นักเรียนสมัครเข้าระบบเรียบร้อยแล้ว ตามขั้นตอน ที่ 1-3 หลังจากนั้น รอแอดมิน อนุมัติ และให้ แจ้ง User และ Password ให้กับนักเรียน

5. หลังจากนักเรียนได้รับ User และ Password เรียบร้อย แล้ว ให้นักเรียนเข้าไปในระบบของแอปพลิเคชันนี้ วนขั้นตอนต่อไปนี้

6. ให้นักเรียนเข้าระบบ Login ด้วย User และ Password ตามที่ได้รับอนุมัติ ตัวอย่าง เด็กหญิงน้ำใจ ใจดี User: std27@123.com Password : 1234



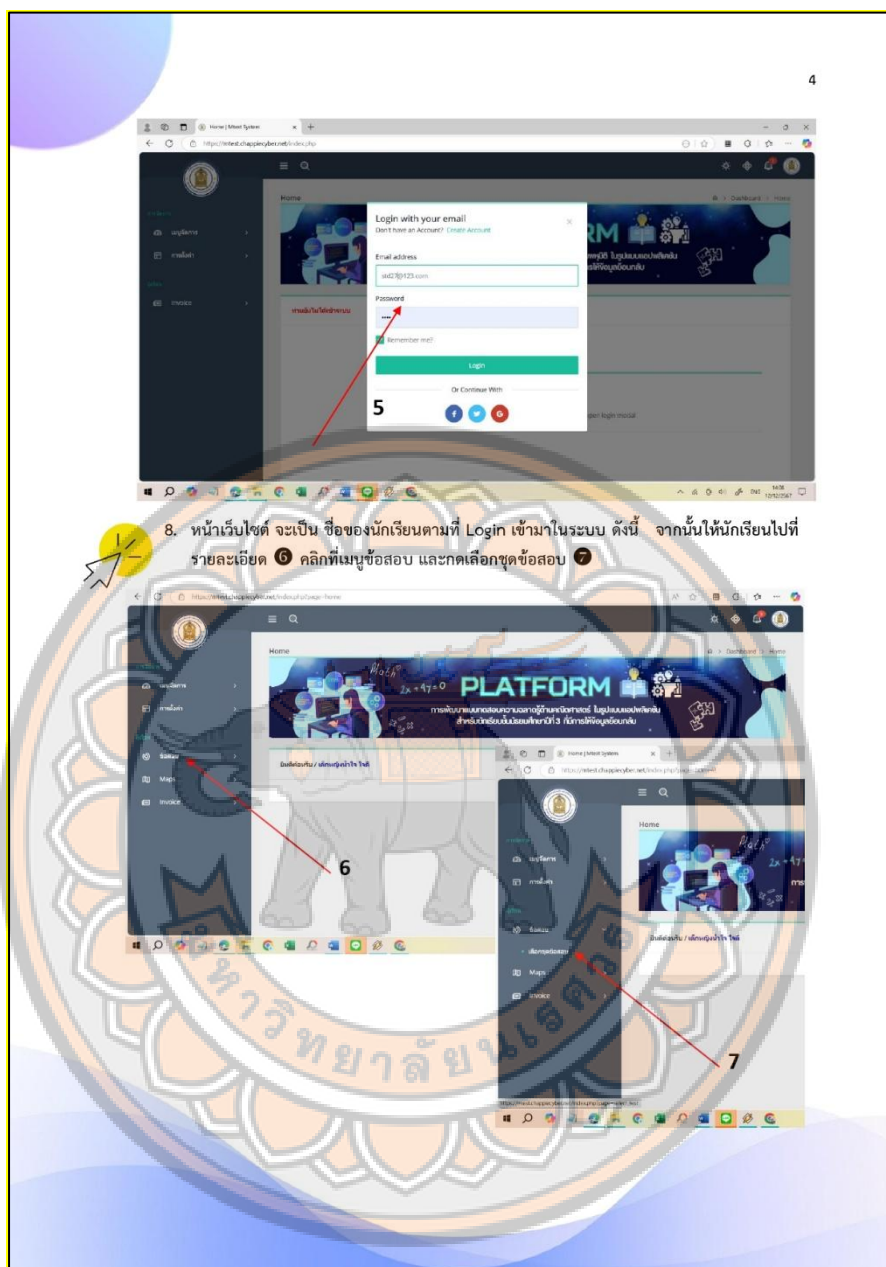
ภาพ 31 ขั้นตอนการสมัครเข้าใช้งาน



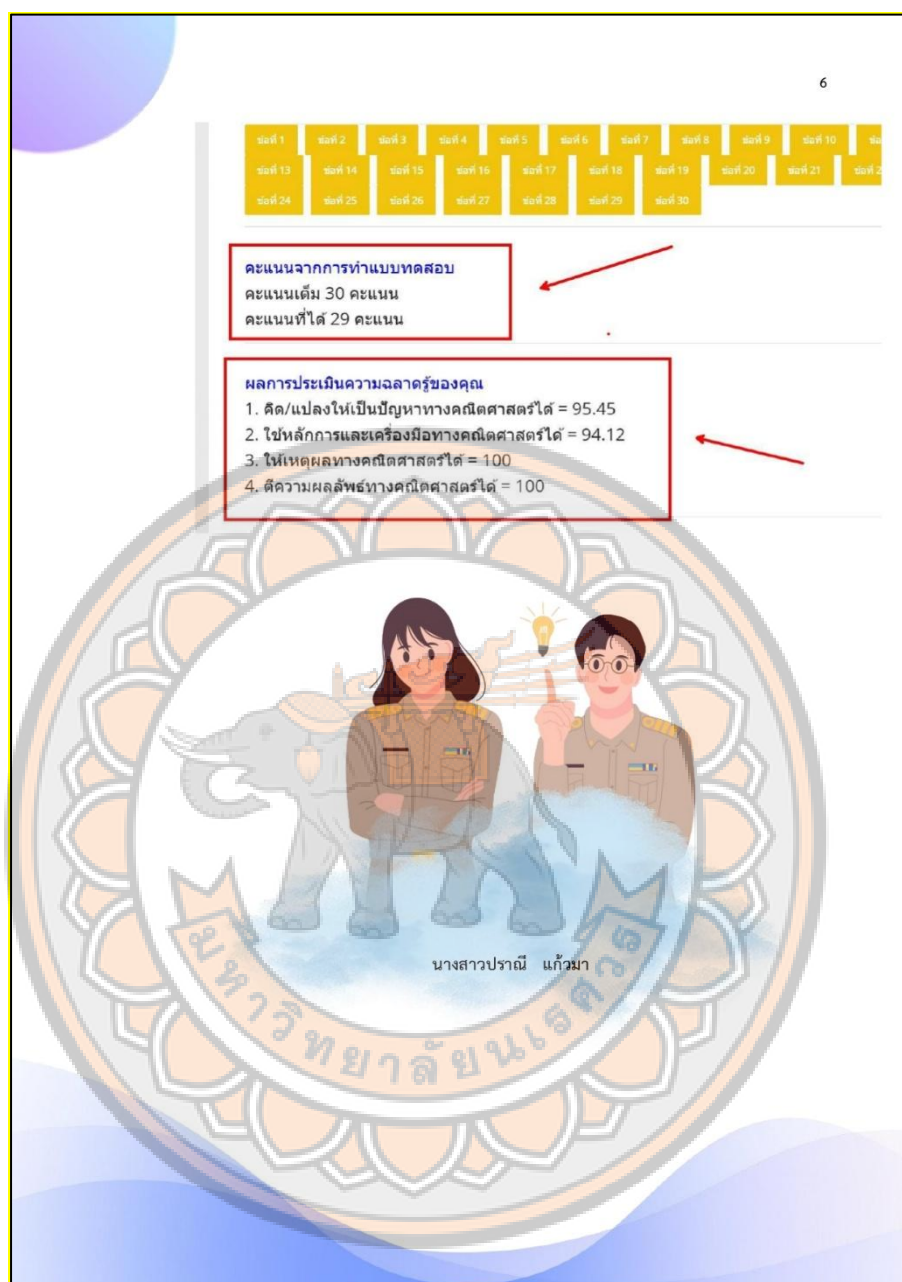
ภาพ 32 ขั้นตอนการเข้าไป Log in เพื่อทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์



ภาพ 33 ขั้นตอนการเข้าไปทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

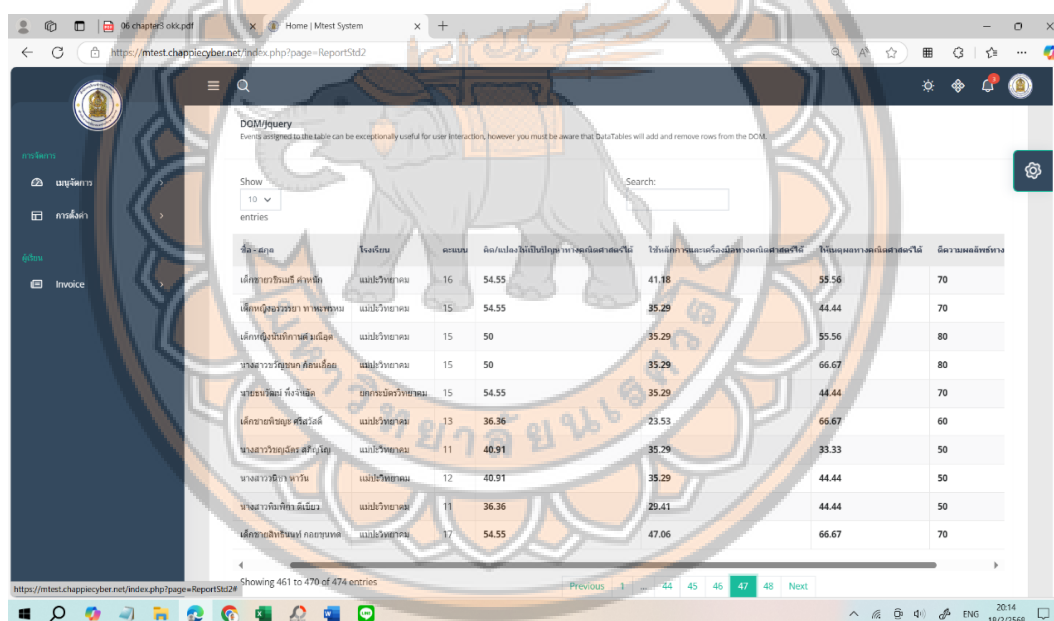


ภาพ 34 นักเรียนเข้าไปทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ

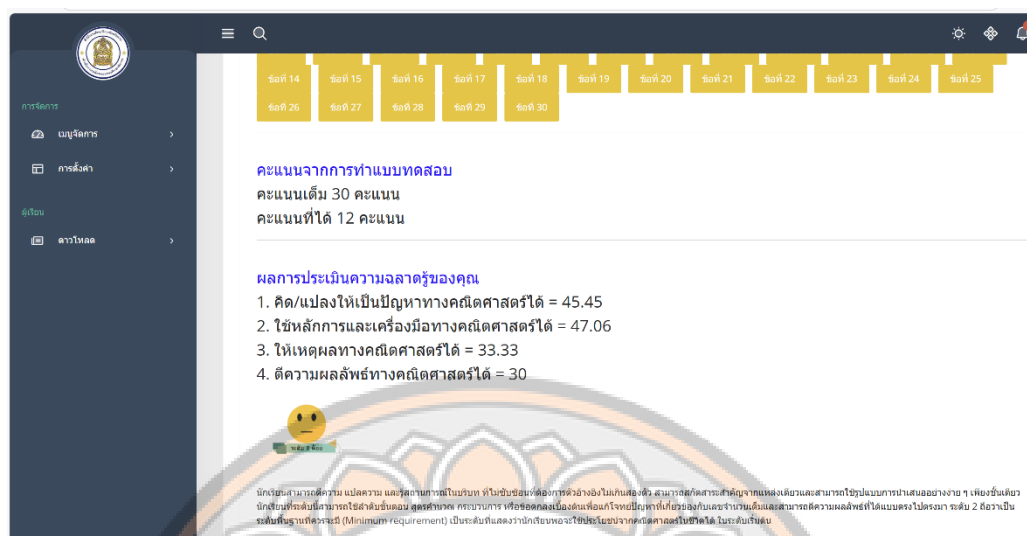


ภาพ 35 นักเรียนจะทราบผลคะแนนและผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

หน้าจอผลการวิเคราะห์ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ของผู้สอบแยกตามด้านของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยแสดงผลเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเสนอข้อมูล (information feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในรูปแบบของข้อความ ที่ให้ภายหลังการตอบสนองของผู้เรียนต่อแบบทดสอบเป็นสารสนเทศที่ให้แก่ผู้เรียนภายหลังที่ผู้เรียนตอบคำถามที่อยู่ในแบบทดสอบ ซึ่งแบบของข้อมูลย้อนกลับนี้จะให้สารสนเทศต่อไปนี้ เช่น แสดงผลคะแนน แสดงผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ แสดงระดับของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ และข้อความให้คำแนะนำกับนักเรียน ดังนี้ ➤ ผลคะแนน ➤ ผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ➤ ผลระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (รูปสัญลักษณ์) ➤ แปลผลระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน เพื่อการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์



ชื่อ-สกุล	โรงเรียน	คะแนน	ค่าเฉลี่ยรวมเป็นร้อยละของคะแนนสอบ	ค่าเฉลี่ยรวมและค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบ	ค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนสอบ	จำนวนเฉลี่ยรวม
เด็กชายวิมล ศรีสุข	แม่เปินวิทยาคม	16	54.55	41.18	55.56	70
เด็กชายวิมล ศรีสุข	แม่เปินวิทยาคม	15	54.55	35.29	44.44	70
เด็กชายวิมล ศรีสุข	แม่เปินวิทยาคม	15	50	35.29	55.56	80
นางสาววิมล ศรีสุข	แม่เปินวิทยาคม	15	50	35.29	66.67	80
นายสมชาย ศรีสุข	แม่เปินวิทยาคม	15	54.55	35.29	44.44	70
เด็กชายวิมล ศรีสุข	แม่เปินวิทยาคม	13	36.36	23.53	66.67	60
นางสาววิมล ศรีสุข	แม่เปินวิทยาคม	11	40.91	35.29	33.33	50
นางสาววิมล ศรีสุข	แม่เปินวิทยาคม	12	40.91	35.29	44.44	50
นางสาววิมล ศรีสุข	แม่เปินวิทยาคม	11	36.36	20.41	44.44	50
เด็กชายวิมล ศรีสุข	แม่เปินวิทยาคม	17	54.55	47.06	66.67	70



ภาพ 36 หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

1.4 ผลการหาความเหมาะสมและความพึงพอใจของแอปพลิเคชันแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากที่ผู้วิจัยได้สร้างแบบโปรแกรม สร้างผังงานโปรแกรม เขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษา PHP และตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมเบื้องต้นก่อนส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของโปรแกรมและเอกสารแนวทางการใช้งานปรับปรุงโปรแกรมและเอกสารแนวทางการใช้งานตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และจัดทำเป็นโปรแกรมและเอกสารแนวทางการใช้งาน โดยนำเสนอผลดังนี้

1) ผลการประเมินแอปพลิเคชันและเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน โดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินแอปพลิเคชันและคู่มือการใช้แอปพลิเคชันใน 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการทำงานของโปรแกรม (Functional) 2) ความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชัน (Usability) 3) ด้านความชัดเจนของเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน (application Manual) 4) ด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับของผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Feedback) และข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยใช้แบบประเมินผลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ผลการประเมิน ดังตาราง 22

ตาราง 22 ผลการประเมินความเหมาะสมของแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญ

ด้านการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1) ด้านการทำงานของโปรแกรม (Functional)	4.68	0.48	เหมาะสมมากที่สุด
2) ความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชัน (Usability)	4.72	0.46	เหมาะสมมากที่สุด
3) ด้านความชัดเจนของเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน (application Manual)	4.76	0.44	เหมาะสมมากที่สุด
4) ด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับของผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Feedback)	4.72	0.46	เหมาะสมมากที่สุด
รวม	4.72	0.45	เหมาะสมมากที่สุด

จากตาราง 22 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแอปพลิเคชันแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ไปสร้างผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.72$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ปรากฏว่า ทั้ง 4 ด้าน ที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านการทำงานของโปรแกรม (Functional) ($\bar{X} = 4.68$) ด้านความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชัน (Usability) ($\bar{X} = 4.72$) ด้านความชัดเจนของเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน (application Manual) ($\bar{X} = 4.76$) และด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับของผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Feedback) ($\bar{X} = 4.72$)

นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญยังมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ดังนี้ ถ้า user คนหนึ่งทำหลาย ๆ ครั้ง ระบบควรเก็บข้อมูลการทำหลายครั้งไว้เพื่อเก็บสถิติ และดูพัฒนาการผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ โดยให้ผู้สอบสามารถเข้ามาทำการทดสอบได้ หลาย ๆ ครั้ง และเก็บข้อมูลประวัติผลการทำแบบทดสอบด้วยเพื่อเก็บสถิติและดูพัฒนาการ

2) ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานของแอปพลิเคชันแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการทำงานของโปรแกรม (Functional) 2) ความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชัน (Usability) 3) ด้านความชัดเจนของเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน (application

Manual) 4) ด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับของผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Feedback) และข้อเสนอแนะ โดยกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 460 คน ผลการประเมินความพึงพอใจ แสดงดัง ตาราง 23

ตาราง 23 ผลการประเมินความพึงพอใจของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้ใช้งาน

ด้านการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1) ด้านการทำงานของโปรแกรม (Functional)	4.51	0.53	พึงพอใจมากที่สุด
2) ความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชัน (Usability)	4.53	0.60	พึงพอใจมากที่สุด
3) ด้านความชัดเจนของเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน (Web application Manual)	4.54	0.61	พึงพอใจมากที่สุด
4) ด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับของผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Feedback)	4.52	0.61	พึงพอใจมากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.53	0.59	พึงพอใจมาก

จากตาราง 23 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ปรากฏว่าทั้ง 4 ด้าน ที่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านการทำงานของแอปพลิเคชัน (Functional) ($\bar{X} = 4.51$) ด้านความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชัน (Usability) ($\bar{X} = 4.53$) ด้านความชัดเจนของเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน (Web Application Manual) ($\bar{X} = 4.54$) และด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับของผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Feedback) ($\bar{X} = 4.52$)

ตอนที่ 2 ผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผู้วิจัยได้นำแอปพลิเคชันแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก จำนวน 12 โรงเรียน นักเรียนจำนวน 460 คน โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 24 และ 25

ตาราง 24 ผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 460 คน

แบบทดสอบความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์	n	คะแนน เต็ม	ค่าสถิติ			
			$\bar{x}$	S.D	T-score	ระดับ
แบบทดสอบความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	460	30	14.21	5.10	42.17	3 ปานกลาง

จากตาราง 24 พบว่าแบบทดสอบความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 460 คน มีค่าเฉลี่ย 14.21 คิดเป็นร้อยละ 42.17 อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ตาราง 25 แสดงค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 460 คน

ผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์								ผลการประเมิน		
ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์	จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนร้อยละ 50 ขึ้นไป(คน)	ค่าเฉลี่ย	S.D.	T-score	ระดับดีมาก (ช่วงคะแนน 25-30) คิดเป็นร้อยละ (80-100)	ระดับดี (ช่วงคะแนน 19-24) คิดเป็นร้อยละ (60-79)	ระดับปานกลาง (ช่วงคะแนน 13-18) คิดเป็นร้อยละ (40-59)		ระดับน้อย (ช่วงคะแนน 7-12) คิดเป็นร้อยละ (20-39)	ระดับน้อยที่สุด (ช่วงคะแนน 0-6) คิดเป็นร้อยละ (0-19)
คิดแปลงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้	213	44.96	17.96	46.30			✓			ปานกลาง
ใช้หลักการและเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ได้	163	41.64	18.27	35.43				✓		น้อย
ให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้	246	53.57	21.36	53.48			✓			ปานกลาง
ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ได้	227	53.70	21.34	49.35			✓			ปานกลาง
ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในภาพรวม	194	14.21	5.10	42.17			✓			ปานกลาง

จากตาราง 25 จะเห็นได้ว่าความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 460 คน โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 42.17 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนมีระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบ

ความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อยู่ในระดับปานกลาง 3 ด้าน คือ ด้านแปลงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้
ร้อยละ 46.30 ด้านให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ ร้อยละ 53.48 และด้านตีความผลลัพธ์
ทางคณิตศาสตร์ได้ ร้อยละ 49.35 และอยู่ในระดับน้อย 1 ด้าน คือ ด้านใช้หลักการและเครื่องมือ
ทางคณิตศาสตร์ ร้อยละ 35.43

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ภายหลังจากใช้
แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน จากการทำแบบทดสอบ
ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (Pretest -Posttest) โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ดังตาราง 26

ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน ของคะแนน
ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ที่ได้ทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์ม
ดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (Pretest -Posttest)

ค่าสถิติพื้นฐาน	ก่อนเรียน (Pretest)	หลังเรียน (Posttest)
Maximum	28.00	30.00
Minimum	5.00	14.00
Mean	15.82	21.72
Median	14.00	21.50
SD	7.50	4.97
CV (%)	47.45	22.89
Variance	56.32	24.72
Skewness	0.17	0.02
SE (Sk)	0.31	0.31
Kurtosis	-1.27	-1.21
SE (Ku)	0.61	0.61

จากตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเบื้องต้นของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียน (Pretest) พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งหมด 60 คน มีคะแนนต่ำสุด คือ 5 คะแนน ส่วนคะแนนสูงสุด คือ 28 คะแนน โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ คือ 15.82 คะแนน มัธยฐานของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ คือ 14.00 คะแนน สำหรับความแปรปรวนของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ CV (%) เท่ากับ 47.45 เมื่อพิจารณารูปโค้งการแจกแจงของคะแนนของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์คำนวณจากค่าความเบ้และความโด่ง พบว่า มีลักษณะการแจกแจงที่เบ้ขวา ($Sk = 0.17$) สำหรับลักษณะความโด่งมีลักษณะความโด่งแบนกว่าโค้งปกติ ($Ku = -1.27$) อย่างไรก็ตาม คะแนนจากคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ยังมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของความเบ้และความโด่งที่มีค่าไม่เกิน 2.00 หรือไม่น้อยกว่า -2.00 ซึ่งยังถือได้ว่ามีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ (SPSS Base 8.0, 1998 อ้างถึงใน อวยพร เรื่องตระกูล, 2544)

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเบื้องต้นของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน (Posttest) พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งหมด 60 คน มีคะแนนต่ำสุด คือ 14 คะแนน ส่วนคะแนนสูงสุด คือ 30 คะแนน โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ คือ 21.72 คะแนน มัธยฐานของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ คือ 21.52 คะแนน สำหรับความแปรปรวนของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ CV (%) เท่ากับ 22.89 เมื่อพิจารณารูปโค้งการแจกแจงของคะแนนของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์คำนวณจากค่าความเบ้และความโด่ง พบว่า มีลักษณะการแจกแจงที่เบ้ขวา ($Sk = 0.02$) สำหรับลักษณะความโด่งมีลักษณะความโด่งแบนกว่าโค้งปกติ ($Ku = -1.21$) อย่างไรก็ตาม คะแนนจากคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ยังมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของความเบ้และความโด่งที่มีค่าไม่เกิน 2.00 หรือไม่น้อยกว่า -2.00 ซึ่งยังถือได้ว่ามีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ (SPSS Base 8.0, 1998 อ้างอิงใน อวยพร เรื่องตระกูล, 2544)

3.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่ได้ทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 คน โดยนักเรียนแต่ละคนมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

จากแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังตาราง 27

ตาราง 27 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียน

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนนหลัง เรียน	ความ แตกต่าง	คะแนนพัฒนา การสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ
1	27	29	2	25.00	พัฒนาการระดับต้น
2	26	28	2	22.22	พัฒนาการระดับต้น
3	27	28	1	12.50	พัฒนาการระดับต้น
4	27	29	2	25.00	พัฒนาการระดับต้น
5	27	30	3	37.50	พัฒนาการระดับปานกลาง
6	28	30	2	28.57	พัฒนาการระดับปานกลาง
7	26	28	2	22.22	พัฒนาการระดับต้น
8	26	27	1	11.11	พัฒนาการระดับต้น
9	27	28	1	12.50	พัฒนาการระดับต้น
10	26	29	3	33.33	พัฒนาการระดับปานกลาง
11	27	29	2	25.00	พัฒนาการระดับต้น
12	27	28	1	12.50	พัฒนาการระดับต้น
13	19	22	3	18.75	พัฒนาการระดับต้น
14	20	25	5	33.33	พัฒนาการระดับปานกลาง
15	24	26	2	18.18	พัฒนาการระดับต้น
16	19	27	8	50.00	พัฒนาการระดับปานกลาง
17	22	26	4	30.77	พัฒนาการระดับปานกลาง
18	20	24	4	26.67	พัฒนาการระดับปานกลาง
19	23	26	3	25.00	พัฒนาการระดับต้น
20	21	25	4	28.57	พัฒนาการระดับปานกลาง
21	19	24	5	31.25	พัฒนาการระดับปานกลาง
22	20	24	4	26.67	พัฒนาการระดับปานกลาง
23	19	24	5	31.25	พัฒนาการระดับปานกลาง
24	23	27	4	33.33	พัฒนาการระดับปานกลาง
25	14	18	4	19.05	พัฒนาการระดับต้น
26	14	18	4	19.05	พัฒนาการระดับต้น

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนนหลัง เรียน	ความ แตกต่าง	คะแนนพัฒนา การสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ
27	13	17	4	18.18	พัฒนาการระดับต้น
28	15	18	3	15.00	พัฒนาการระดับต้น
29	14	18	4	19.05	พัฒนาการระดับต้น
30	13	19	6	27.27	พัฒนาการระดับปานกลาง
31	13	22	9	40.91	พัฒนาการระดับปานกลาง
32	18	24	6	35.29	พัฒนาการระดับปานกลาง
33	13	21	8	36.36	พัฒนาการระดับปานกลาง
34	17	22	5	27.78	พัฒนาการระดับปานกลาง
35	18	23	5	29.41	พัฒนาการระดับปานกลาง
36	16	20	4	21.05	พัฒนาการระดับต้น
37	11	14	3	19.05	พัฒนาการระดับต้น
38	11	15	4	19.05	พัฒนาการระดับต้น
39	10	14	4	18.18	พัฒนาการระดับต้น
40	11	14	3	15.00	พัฒนาการระดับต้น
41	11	14	3	19.05	พัฒนาการระดับต้น
42	10	14	4	27.27	พัฒนาการระดับต้น
43	12	14	2	40.91	พัฒนาการระดับต้น
44	12	16	4	35.29	พัฒนาการระดับต้น
45	11	15	4	36.36	พัฒนาการระดับต้น
46	11	18	7	27.78	พัฒนาการระดับปานกลาง
47	12	17	5	29.41	พัฒนาการระดับต้น
48	10	15	5	21.05	พัฒนาการระดับต้น
49	6	20	14	48.28	พัฒนาการระดับปานกลาง
50	6	18	12	41.38	พัฒนาการระดับปานกลาง
51	6	17	11	37.93	พัฒนาการระดับปานกลาง
52	6	22	16	55.17	พัฒนาการระดับสูง
53	6	24	18	62.07	พัฒนาการระดับสูง
54	5	21	16	53.33	พัฒนาการระดับสูง
55	5	20	15	50.00	พัฒนาการระดับปานกลาง
56	6	19	13	44.83	พัฒนาการระดับปานกลาง
57	5	19	14	46.67	พัฒนาการระดับปานกลาง

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนนหลัง เรียน	ความ แตกต่าง	คะแนนพัฒนา การสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ
58	6	19	13	44.83	พัฒนาการระดับปานกลาง
59	6	20	14	48.28	พัฒนาการระดับปานกลาง
60	6	21	15	51.72	พัฒนาการระดับสูง
เฉลี่ยรวม	15.82	21.72	5.90	28.57	พัฒนาการระดับปานกลาง

จากตาราง 27 พบว่า นักเรียนที่ได้ทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่มีต่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์มีคะแนนพัฒนาการของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ตั้งแต่ 11.11 - 62.07 โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เท่ากับ 28.57 (มีพัฒนาการในระดับปานกลาง) ซึ่งสามารถสรุปจำแนกจำนวนและร้อยละในแต่ละระดับพัฒนาการได้ดังตาราง 28

ตาราง 28 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ได้ทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จำแนกตามระดับพัฒนาการ

ระดับ พัฒนาการ	สูงมาก (76-100)	สูง (51-75)	ปานกลาง (26-50)	ต่ำ (0-25)	ค่าเฉลี่ยคะแนน พัฒนาการสัมพัทธ์
(N=60)	-	4 (6.67%)	27 (45.00%)	29 (48.33%)	28.57

จากตาราง 28 พบว่า เมื่อพิจารณาแยกระดับพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ภายหลังจากการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 คน ด้วยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (มีค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เท่ากับ (28.57) และเมื่อพิจารณา คะแนนพัฒนาการเป็นรายบุคคลจากคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 48.33 รองลงมา มีคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 และมีคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในระดับสูง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ตามลำดับ

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้นำเสนอสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมี วัตถุประสงค์เฉพาะ ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับและหาคุณภาพ โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ
2. เพื่อศึกษาผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. เพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สรุปผล

1. ผลการหาคุณภาพของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ พบว่า

1.1 ความตรงของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

ผลการพิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบกับเนื้อหาและความเหมาะสมของการระบุมิติกับข้อสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ ได้มาจากการที่ผู้วิจัย สร้างแบบทดสอบเพื่อพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ และให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบ และนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปหาค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย เพื่อคัดข้อสอบให้เป็นไปตามเกณฑ์ โดยคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ค่าอำนาจจำแนก .20 ขึ้นไป ค่าความยาก 0.20 - 0.80 และค่าความเที่ยง (reliability) 0.70 ขึ้นไป ผลการพิจารณาความสอดคล้องความเหมาะสมองค์ประกอบและตัวบ่งชี้กับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 คน พิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหาและความเหมาะสม มีค่า IOC 0.60 ถึง 1.00 ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ ที่เป็นไปตามเกณฑ์ไปหาความตรงเชิงโครงสร้าง พบว่า เมื่อพิจารณาสถิติทดสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลการวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า ค่าไคสแควร์มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 1592.315$, $df = 399$, $p - value = 0.564$) และค่า RMSEA = 0.059 มีค่าเข้าใกล้ 0 ค่า CFI = 0.979 และค่า TLI = 0.950 มีค่าใกล้ 1 และค่า SRMR = 0.037 มีค่าใกล้ 0 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ แสดงว่า โมเดลการวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ เมื่อพิจารณาค่า Factor loading พบว่า มีค่าระหว่าง 0.101-0.249 และมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า แสดงว่า โมเดลการวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์มีความตรงเชิงโครงสร้าง

1.2 ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย พบว่า คุณภาพของแบบทดสอบที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ด้วยโปรแกรม IRTPRO ผลค่าพารามิเตอร์ ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ พบว่าค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบสอบ (a) ตั้งแต่ 0.513 ถึง 5.782 ค่าความยากของแบบทดสอบสอบ (b) ตั้งแต่ -1.772 ถึง 2.050 ค่าการเดาของแบบทดสอบ (c) ตั้งแต่ 0.000 ถึง 0.189

1.3 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม IRTPRO คำนวณค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ เนื่องจากค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบความฉลาดรู้เป็นดัชนีในการพิจารณาความถูกต้อง แม่นยำในการประมาณความสามารถของผู้ตอบ จากการศึกษาค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (Item Information)

ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) มีค่าความสามารถสูงสุดอยู่ระหว่าง -6 ถึง 6 สรุปรภาพรวมคุณลักษณะของข้อสอบทั้ง 30 ข้อ ตามพารามิเตอร์สำคัญ ค่าอำนาจจำแนก (a) 0.513 ถึง 5.782 ค่าความยากง่าย (b) มีค่าเฉลี่ยกระจายระหว่าง -2 ถึง 2 มีความหลากหลายค่อนข้างมาก มีข้อสอบที่มีความยากแตกต่างกันชัดเจน ค่าการเดา (c) มีค่าเฉลี่ย ประมาณ 0.05-0.1 ส่วนใหญ่มีค่าการเดาต่ำมาก การกระจายค่าสารสนเทศข้อสอบส่วนใหญ่มีค่าสารสนเทศสูงบริเวณระดับความสามารถปานกลาง (0) สรุปรภาพรวมแบบทดสอบมีคุณภาพค่อนข้างดี มีความหลากหลายของระดับความยาก มีประสิทธิภาพในการวัดความสามารถของผู้สอบที่ระดับปานกลาง

2. ผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.1 ผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 460 คน พบว่าแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 14.21 คิดเป็นร้อยละ 42.17 อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และจะเห็นได้ว่าความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนมีระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการใช้แบบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อยู่ในระดับปานกลาง 3 ด้าน คือ ด้านแปลงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ ร้อยละ 46.30 ด้านให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ ร้อยละ 53.48 และด้านตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ ร้อยละ 49.35 และอยู่ในระดับน้อย 1 ด้าน คือ ด้านใช้หลักการและเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ ร้อยละ 35.43

2.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของ แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับผู้ใช้งาน

ผลการประเมินความพึงพอใจของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้ใช้งานแสดงผลการประเมินความพึงพอใจ แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ปรากฏว่าทั้ง 4 ด้านที่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ

มากที่สุดได้แก่ ด้านการทำงานของแอปพลิเคชัน (Functional) ($\bar{X} = 4.51$) ด้านความสะดวกในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน (Usability) ($\bar{X} = 4.53$) ด้านความชัดเจนของเอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน (Web application Manual) ($\bar{X} = 4.54$) และด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับของผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Feedback) ($\bar{X} = 4.15$)

3. ผลการศึกษาคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเบื้องต้นของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์กลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียน พบว่าโดยภาพรวมของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนมีคะแนนเต็ม 30 คะแนน พบว่าคะแนนต่ำสุดของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คือ 5 คะแนน ส่วนคะแนนสูงสุด คือ 28 โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ คือ 15.82 คะแนน

เมื่อพิจารณาค่าความเบ้ (Sk) พบว่า คะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนมีลักษณะการแจกแจงของคะแนนแบบเบ้ขวามากที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความโด่ง (Ku) พบว่าคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนมีลักษณะความโด่งแบนกว่าโค้งปกติ อย่างไรก็ตามยังถือได้ว่าคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยภาพรวมนั้นมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเบื้องต้นของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์กลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน พบว่าโดยภาพรวมของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนมีคะแนนเต็ม 30 คะแนน พบว่าคะแนนต่ำสุดของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คือ 14 คะแนน ส่วนคะแนนสูงสุด คือ 30 โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ คือ 21.72 คะแนน

เมื่อพิจารณาค่าความเบ้ (Sk) พบว่า คะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนมีลักษณะการแจกแจงของคะแนนแบบเบ้ขวามากที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความโด่ง (Ku) พบว่าคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนมีลักษณะความโด่งแบนกว่าโค้งปกติ อย่างไรก็ตามยังถือได้ว่าคะแนนความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยภาพรวมนั้นมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

3.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ภายหลังจากใช้แบบทดสอบ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยนำผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ตามสูตร หาค่าคำนวณพัฒนาการสัมพัทธ์เพื่อศึกษาว่าคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ หลังจากหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาพรวมอยู่ในระดับใด ทั้งนี้ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสูตรที่กำหนดแล้ว พบว่านักเรียนที่ได้ทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์มีคะแนนพัฒนาการของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ 11.11 - 62.07 โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เท่ากับ 28.57 (มีพัฒนาการ ในระดับปานกลาง)

สรุปได้ว่า ผลการประเมินพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ภายหลังจากได้ข้อมูลย้อนกลับจากการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 คน ด้วยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับ ปานกลาง (มีค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เท่ากับ (28.57) และเมื่อพิจารณาพัฒนาการ เป็นรายบุคคลจากคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต้น จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 48.33 รองลงมา มีคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 และมีคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในระดับสูง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประเด็นสำคัญที่นำมา อภิปรายผล ดังนี้

1. ด้านคุณภาพของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นพบว่า มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งด้านความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงโครงสร้าง ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และฟังก์ชันสารสนเทศของแบบทดสอบ พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพบว่า โมเดลการวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

โดยมีค่าสถิติทดสอบความสอดคล้อง ได้แก่ ($\chi^2 = 1592.315$, $df = 399$, $p - value = 0.564$) และค่า RMSEA = 0.059 มีค่าเข้าใกล้ 0 ค่า CFI = 0.979 และค่า TLI = 0.950 มีค่าใกล้ 1 และค่า SRMR = 0.037 มีค่าใกล้ 0 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ และมีค่า Factor Loading อยู่ระหว่าง 0.101-0.249 แสดงว่าโมเดลมีความตรงเชิงโครงสร้าง ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับกรอบการประเมินของ PISA ที่กำหนดองค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ไว้ 3 ด้าน ได้แก่ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และบริบท (OECD, 2018) องค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ที่ค้นพบ ได้แก่ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา และสถานการณ์และบริบท สะท้อนให้เห็นว่าความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นพหุมิติ ไม่ได้เป็นความสามารถด้านเดียว แต่เป็นการบูรณาการความรู้ ทักษะ และการประยุกต์ใช้ในบริบทที่หลากหลาย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Dweck (2006) ที่ระบุว่าความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยความสามารถในการคิดทางคณิตศาสตร์ การใช้ภาษาสัญลักษณ์ และการนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ตัวบ่งชี้ที่พบในแต่ละองค์ประกอบมีความครอบคลุมในการประเมินความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในองค์ประกอบที่ 1 ด้านความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การคิด/แปลงปัญหา การใช้คณิตศาสตร์ การตีความและประเมิน และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชรินทร์นั ด้วงธรรม และวนินทร พูนไพบุลย์พิพัฒน์ (2565) ในประเด็นขององค์ประกอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ที่ระบุกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่พัฒนาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ว่ามีความสามารถในการแปลงปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปสู่บริบทของปัญหาเป็นทักษะสำคัญของความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ มะลิวรรณ งามยิ่ง, รุ่งทิศา แยมรุ่ง และชนาดา เชื้อสุวรรณทวี (2564) ในเรื่องของการพัฒนาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา และสอดคล้องกับ (OECD 2023) ที่กล่าวถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกัน ได้แก่ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (ทั้งแบบนิรนัย – การอ้างเหตุผลที่มีข้อสรุปตามหลักการความรู้พื้นฐานหรือสิ่งที่จริงอยู่แล้ว และแบบอุปนัย – การอ้างเหตุผลจากข้อมูล การคาดคะเนและความเป็นไปได้ของหลักฐานที่ได้มา) และกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งรวมถึงกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงสิ่งที่แต่ละบุคคลกระทำเพื่อเชื่อมโยงบริบทของปัญหาด้วยคณิตศาสตร์ แล้วนำไปสู่การแก้ปัญหานั้น เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาและบริบทที่ใช้ในแบบทดสอบซึ่งสัมพันธ์กับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ส่วนค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบสอบ (a) ตั้งแต่ 0.513 ถึง 5.782 ค่าความยากของแบบทดสอบสอบ (b) ตั้งแต่ -1.772 ถึง 2.050 ค่าการเดาของแบบทดสอบ (c) ตั้งแต่

0.000 ถึง 0.189 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าข้อสอบส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการจำแนกนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ดี เป็นไปตามแนวคิดทฤษฎีโมเดลการตอบสนองข้อสอบ และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ น้อย คั่นชั่งทอง (2565) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบมาตรฐานวัดการรู้สารสนเทศสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้ ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาแบบทดสอบมาตรฐานวัดการรู้สารสนเทศของนักศึกษาโดยใช้ ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ และการหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ผลการวิจัยพบว่า ได้แบบทดสอบวัดการรู้สารสนเทศสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี จำนวน 41 ข้อ โดยมีความยากจำแนก อยู่ในช่วง 0.53 ถึง +2.39 ค่าความยาก อยู่ในช่วง -1.12 ถึง +2.08 และ ค่าการเดา อยู่ในช่วง 0.07 ถึง 0.29 ค่าสารสนเทศของแบบทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น ณ ระดับความสามารถ (θ) -0.9 ถึง 0.1 โดยมีค่าสูงสุดที่ระดับความสามารถ -0.1 ทั้งนี้แบบทดสอบมีค่าสัมประสิทธิ์ ความเชื่อมั่น (rtt) เท่ากับ 0.862 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณพนันท์ ยมจินดา (2563) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบคุณภาพแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดาและให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจ ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ผลการวิจัยพบว่า 1.ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดาเป็นรายข้อพบว่า มีค่าความยากระหว่าง -1.86-4.22 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.13-1.87 และแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจ พบว่า มีค่าความยากระหว่าง -0.18-4.6 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.14-0.76 2. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ RE (θ) พบว่า ระดับความสามารถ ($\theta = -2.8$ ถึง 0.0) แบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดามีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงกว่าแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจ และระดับความสามารถ ($\theta = 0.4$ ถึง 2.8) แบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงกว่าแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดา 3. ค่าความตรงตามสภาพ พบว่า แบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดาและแบบทดสอบ เลือกตอบที่ให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจ กับระดับผลการเรียนวิชาเคมี มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าความตรงตามสภาพขึ้นอยู่กับวิธีการให้คะแนนในแต่ละวิธี และแบบทดสอบ เลือกตอบที่ให้คะแนนแบบธรรมดาความตรงตามสภาพสูงกว่าแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจ และการที่ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบมีค่าความสามารถสูงสุดอยู่ระหว่าง -6 ถึง 6 บ่งชี้ว่าแบบทดสอบมีประสิทธิภาพในการวัดความสามารถของผู้เรียนได้อย่างแม่นยำในช่วงความสามารถที่กว้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีประสิทธิภาพสูงในการวัดผู้เรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Finch (2010) ที่ระบุว่าแบบทดสอบที่มีคุณภาพควรให้ค่าสารสนเทศสูงในช่วงความสามารถที่สนใจวัด นอกจากนี้ การที่แบบทดสอบมีค่าการเดา (c) ต่ำ (ค่าเฉลี่ยประมาณ 0.05-0.1) แสดงว่าข้อสอบมีโอกาสที่ผู้เรียน

จะเดาถูกต่ำ ทำให้ผลการวัดมีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่มีคุณภาพ

2. ด้านผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 42.17) โดยมีจุดเด่นในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 53.48) และด้านการตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 49.35) แต่มีจุดที่ควรพัฒนา ในด้านการแปลงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 46.30) และการใช้หลักการและเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 35.43) ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการประเมิน PISA ของนักเรียนไทย ที่ผ่านมา ซึ่งพบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการแปลงปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2019) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในประเทศไทย ยังเน้นการคำนวณและการท่องจำสูตรมากกว่าการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์จริง สอดคล้องกับงานวิจัยหลายท่านในเรื่องการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่ว่านักเรียนต้องสามารถนำความรู้จากเนื้อหาคณิตศาสตร์ มาใช้แก้ปัญหาในบริบทที่ท้าทายหรือปัญหาที่พบเจอในโลกชีวิตจริง เริ่มตั้งแต่การแปลงสถานการณ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ แล้วใช้หลักการ กระบวนการ และการเลือกใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อหาวิธีแก้ปัญหานั้น จากนั้นประเมินวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาและตีความผลลัพธ์ที่ได้ให้อยู่ในบริบทของโลกชีวิตจริง ซึ่งในแต่ละกระบวนการแก้ปัญหาต้องอาศัยการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น เพื่อตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลประกอบในเรื่อง ที่เกี่ยวข้องกัปัญหาซึ่งสามารถอธิบายได้ในเชิงคณิตศาสตร์ รวมถึงการคิดไตร่ตรองถึงกระบวนการแก้ปัญหา และผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมิน และตัดสินใจที่น่าเชื่อถือของข้อมูล นอกจากนี้ นักเรียนยังต้องนำกระบวนการคิดเชิงคำนวณมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อแยกส่วนและย่อยปัญหา เลือกใช้เครื่องมือคำนวณที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์หรือแก้ปัญหา และสร้างหรือระบุลำดับขั้นตอนของวิธีการแก้ปัญหา สิ่งเหล่านี้คือสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 งานวิจัยที่สอดคล้อง ได้แก่ พิไลพร แซ่มซ้อย (2552) ที่พบว่านักเรียนไทยประสบปัญหาในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริงการที่นักเรียนมีความสามารถในการตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีและปานกลางตามลำดับ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และให้เหตุผลในระดับหนึ่ง แต่ยังมีข้อจำกัดในการเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์กับปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 งานวิจัยของ สรียา โชติธรรม, ธนันท์ ธนารัชตะภูมิ และอุษณีย์ ลลิตผสาน (2563)

การพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมกรอบความคิดแบบเติบโตเพื่อยกระดับความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า 1) โปรแกรม ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย บทนำ แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยทั้งหมด 8 หน่วย ๆ ละ 2 คาบ (คาบละ 60 นาที) แบบฝึกหัด และคำแนะนำในการใช้โปรแกรมสำหรับครู (คู่มือการใช้โปรแกรม สำหรับครู) 2) หลังเข้าร่วมโปรแกรม นักเรียนในกลุ่มทดลองมีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สูงกว่า ก่อนเข้าร่วมโปรแกรม และหลังเข้าร่วมโปรแกรม นักเรียนในกลุ่มทดลองมีความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์และมีพัฒนาการ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม 3) นักเรียน ที่ทดลองใช้โปรแกรมการส่งเสริมกรอบความคิดเห็นแบบเติบโตเพื่อยกระดับความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ รวมถึงงานวิจัยของ มะลิวรรณ งามยิ่ง (2563) การพัฒนาหลักสูตรความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ที่งานวิจัยครั้งนี้พบว่าองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก 10 องค์ประกอบย่อย และ 10 ตัวบ่งชี้ เป็นกรอบในการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีผลการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์จากการบันทึกผลความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ระหว่างเรียนของทุกหน่วยการเรียนรู้เฉลี่ยในระดับดี

3. ด้านความพึงพอใจของแบบทดสอบผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

ผลการประเมินความพึงพอใจของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยผู้ใช้งานพบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้งาน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$) โดยมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการทำงานของแอปพลิเคชัน (Functional) ด้านความสะดวกในการใช้งาน (Usability) ด้านความชัดเจนของเอกสารแนวทางการใช้งาน (Web application Manual) และด้านการให้ข้อมูล ย้อนกลับของผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Feedback) ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการพัฒนา แบบทดสอบผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สามารถตอบสนองความต้องการ ของผู้ใช้ในยุคดิจิทัลได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ กษิตธร ขวัญละมุล (2022) ที่พบว่า การประเมินผ่านมือถือหรือแอปพลิเคชันมีข้อดีหลายประการ เช่น ความสะดวกในการเข้าถึง ความยืดหยุ่นในการใช้งาน และการให้ผลป้อนกลับได้อย่างรวดเร็วอย่างไรก็ตาม ด้านการให้ข้อมูล ย้อนกลับของผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น ๆ ($\bar{X} = 4.15$) แม้จะอยู่ใน ระดับมากที่สุดตาม แสดงให้เห็นว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับยังมีพื้นที่ในการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้อง กับงานวิจัยของ Epstein & Brosvic (2001) ที่ระบุว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีประสิทธิภาพควรมี ความเฉพาะเจาะจง ทันเวลา และให้แนวทางในการปรับปรุง และงานวิจัยของ พรพิมล รอดเคราะห์ (2550) ได้ศึกษาผลของรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับในเกมมัลติมีเดียเพื่อการศึกษาที่มีต่อ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 และเพื่อเปรียบเทียบผลของรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับในเกมมัลติมีเดียเพื่อการศึกษา 3 รูปแบบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยเกมมัลติมีเดียเพื่อการศึกษาที่มีรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่างกัน เมื่อเรียนด้วยเกมมัลติมีเดียเพื่อการศึกษาที่มีรูปแบบของการให้ข้อมูลย้อนกลับต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ด้านผลคะแนนพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

จากการศึกษาครั้งนี้เพื่อวิเคราะห์พัฒนาการความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลคะแนนพัฒนาการหลังการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการพบว่า โดยรวมผู้เรียนมีพัฒนาการในระดับปานกลาง (เฉลี่ย 28.57%) แต่เมื่อตรวจสอบรายบุคคล พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ (48.33%) มีพัฒนาการในระดับต้นก็ต่ำ แต่กลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์เดิมน้อยหรือน้อยที่สุด กลับมีพัฒนาการในระดับปานกลางมากกว่ากลุ่มที่มีความสามารถเดิมสูงผลนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ จักรกฤต กฐินหอม (2562) และ วาปี คงอินทร์ (2566) ที่พบว่าการใช้สื่อการสอนและเทคนิคการเรียนรู้ที่มีการติดตามและให้ข้อมูลย้อนกลับ ช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์และพัฒนาการสัมพัทธ์ของผู้เรียนได้ โดยเฉพาะกลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อน ซึ่งสามารถพัฒนาได้มากจากการรู้ข้อผิดพลาดและแนวทางแก้ไข นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับ ตะวัน รุ่งแสง และ เมษา นวลศรี (2564) ที่ชี้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบมีโครงสร้างชัดเจนและการให้ข้อมูลย้อนกลับที่เหมาะสม สามารถทำให้ผู้เรียนมีพัฒนาการจากระดับต่ำไปสู่ระดับกลางหรือสูงได้ แม้ค่าเฉลี่ยรวมอาจอยู่เพียงระดับปานกลางและการตีความเชิงทฤษฎีผลการวิจัยสามารถอธิบายได้ด้วยแนวคิดการเรียนรู้เชิงปรับตัวและทฤษฎีการให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยระบุว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนจะช่วยลดช่องว่างความรู้ และส่งเสริมการสร้าง ความเข้าใจที่ถูกต้อง ผู้เรียนที่มีพื้นฐานต่ำจะได้ประโยชน์มากเพราะสามารถแก้ไขความเข้าใจผิดได้ทันที ในขณะที่ผู้เรียนที่มีพื้นฐานสูงอาจเผชิญข้อจำกัดจากเพดานคะแนน

สรุปผลการอภิปราย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน สามารถวัดความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการทดสอบสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง มีจุดเด่นในด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ และด้านตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ แต่ยังมีจุดที่ควรพัฒนาในด้านแปลงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ และด้านใช้หลักการและเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ได้ นอกจากนี้แบบทดสอบผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ได้รับการประเมินว่ามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด และการใช้แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการแตกต่างกันตามระดับความสามารถเดิม โดยกลุ่มที่มีระดับความฉลาดรู้แตกต่างกันมีคะแนนหลังการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ชี้ว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละระดับสามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การให้ข้อมูลย้อนกลับพร้อมการติดตามและกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีโครงสร้างชัดเจน ช่วยยกระดับพัฒนาการ โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อนในเชิงทฤษฎี ผลการวิจัยอธิบายได้ด้วยแนวคิด Adaptive Learning และ Feedback Theory ซึ่งชี้ว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับที่สอดคล้องกับระดับความสามารถจะช่วยลดช่องว่างความรู้และเพิ่มความเข้าใจที่ถูกต้อง ผู้เรียนที่มีพื้นฐานต่ำได้รับประโยชน์มากที่สุด ขณะที่ผู้เรียนที่มีพื้นฐานสูงอาจเผชิญข้อจำกัดจากเพดานคะแนน ทำให้พัฒนาการน้อยกว่าแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการประเมินผลทางการศึกษาองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้เน้นการพัฒนาความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างรอบด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง การพัฒนาทักษะการแปลงปัญหาและการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เพื่อยกระดับความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยให้ทัดเทียมนานาชาติต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้ สามารถให้ข้อเสนอแนะแบ่งแยกได้ 2 ส่วน ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีความตรงเชิงโครงสร้าง และมีค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบวัดที่แสดงว่าเหมาะกับการนำไปวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน ต่อไป

1.2 ควรพัฒนาแนวทางการนำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ไปใช้ร่วมกับ กิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างเป็นระบบ

1.3 สามารถนำแบบทดสอบไปใช้ในกระบวนการคัดกรองหรือประเมินศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางการเรียนการสอน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้ง ต่อไป

2.1 ควรศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ให้รองรับปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อช่วยให้การให้ข้อมูลย้อนกลับ มีความเฉพาะเจาะจงและเป็นรายบุคคลมากขึ้น

2.2 ควรศึกษาการนำแบบทดสอบไปใช้กับระดับชั้นอื่น ๆ เช่น ประถมศึกษาตอนปลาย หรือมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อดูแนวโน้มการพัฒนาความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ในแต่ละช่วงวัย

2.3 ควรมีการพัฒนาเครื่องมือประเมินเพิ่มเติม เช่น แบบทดสอบเชิงปฏิบัติ หรือการวัดผ่านเกมการเรียนรู้ เพื่อให้การวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์มีความหลากหลายและครอบคลุมมากขึ้น

2.4 ควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ เช่น วิธีการสอนของครู บริบททางสังคม หรือปัจจัยทางจิตวิทยา เพื่อหาแนวทางเสริมสร้างทักษะทางคณิตศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กนกพร จันทรสีหราช และคณะ. (2566). การสร้างแบบสอบบรูพผสมในการทดสอบแบบออนไลน์ รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6: การประยุกต์ใช้ ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์. *วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ*, 3(3), 725-738.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2563). *การเตรียมความพร้อมของกระทรวงศึกษาธิการก่อนเปิดภาคเรียน 1 กรกฎาคม 2563*. จาก [https://moe360.blog/2020/05/08/การเตรียมความพร้อมของกระทรวงศึกษาธิการก่อนเปิดภาคเรียน 1 กรกฎาคม 2563](https://moe360.blog/2020/05/08/การเตรียมความพร้อมของกระทรวงศึกษาธิการก่อนเปิดภาคเรียน1กรกฎาคม2563)
- กลุ่มบริษัททรู. (2561). *รวมแอปพลิเคชัน ช่วยเรื่องการเรียนการสอน สำหรับห้องเรียน 4.0*. สืบค้นจาก <https://www.truelookpanya.com/blog/content/65872/-teaarttea-teaart>
- กษมา เกิดประสงค์. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิชาการ Veridian E-Journal Silpakorn University*, 10(3), 2121-2137.
- กษิตธร ขวัญละมุล. (2565). การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิชาการ Journal of Information and Learning* (2022), 33(3), 46-59.
- กาญจนา จิตกังวัน. (2559). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหาเพื่อส่งเสริมการรู้คณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- คณิต เขียววิชัย. (2525). *ผลของผลย้อนกลับจากการเรียนรู้ทางกีฬาเทเบิลเทนนิส*.
(วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553).
ผลการประเมิน PISA 2009. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553).
ผลการประเมิน PISA 2009. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553).
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โครงการ PISA 2009. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554).
กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2009. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554).
ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ:
อรุณการพิมพ์.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554).
กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2009. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ตัวอย่าง*
ข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA 2012. กรุงเทพฯ: วี.เจ.พรีนติ้ง.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557).
ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์การอ่าน และวิทยาศาสตร์นักเรียนรู้อะไร
และทำอะไรได้บ้าง. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558).
ปัจจัยที่ทำให้ระบบโรงเรียนประสบความสำเร็จข้อมูลพื้นฐานจากโครงการ PISA 2012.
กรุงเทพฯ: เปเปอร์พรีนธ์.
- จกมลวรรณ มุสิกทอง และพิจิตรา เล็กดำรงกุล. (2556). *Clinical Teaching: Feedback (การให้*
ข้อมูลย้อนกลับ). สืบค้นจาก http://www.ns.mahidol.ac.th/english/th/departments/MN/th/km/56/km_feedback.html.
- จักรกฤต กลืนหอม และคณะ. (2562). การพัฒนาทักษะการอ่านคำของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
ด้วยแบบฝึกทักษะการอ่านด้วยสี. ในการประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ
ครั้งที่ 11. หน้า 1459–1471. สาขาการศึกษา. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

- จักรชัย โสอินทร์. (2554). *Basic Android App Development*. นนทบุรี: ไอดีซีฯ.
- จิระนาถ ฉวีวัฒน์ และคณะ. (2554). การเปรียบเทียบคุณภาพของการปรับเทียบคะแนนตามแนวตั้ง โดยการใช้แบบทดสอบร่วมภายในระหว่างวิธีเชิงเส้นตรงกับ วิธีการตอบสนองข้อสอบแบบ สามพารามิเตอร์. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, 9(1), 78-89.
- จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ. (2560). การพัฒนาระบบการทดสอบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับผู้เรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน: การประยุกต์ใช้ โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบต่อเนื่องของราสส์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรัชญา แสงยนต์. (2560). การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สาระการเรียนรู้ภาษาไทย ตามแนวคิดของมาร์ซาโน (Marzano's axonomy). (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จิรนนท์ รัตนวิเศษ และสมบัติ ท้ายเรือคำ. (2559). การพัฒนาแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ค31101 เรื่อง จำนวนจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้โมเดล การตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 10(ฉบับพิเศษ), 746-761.
- จุฑารัตน์ ศรีสว่าง และคณะ. (2567). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์การอ่านคิดวิเคราะห์โดยใช้นิทานสอนใจ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนบ้านโสก อำเภอกอนสวรรค์ จังหวัด ชัยภูมิ. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน (JRIS)*, 1(4), 20-35.
- ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล. (2562). แอปพลิเคชันแอปพลิเคชัน. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (สสวท.). กรุงเทพฯ: สสวท.
- เฉลิมฤทธิ์ แก้วกล้าหาญ. (2549). การวิเคราะห์ห่อถักงาน งานวิจัยที่เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ ข้อสอบระหว่างทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2561). การเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ชนกพร พิกสังข์ และคณะ. (2563). รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนเชิงวิเคราะห์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์* 36(3).
- ชนน คันธาวัตร์. (2561). การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้วยการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่องลำดับและอนุกรมสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- ชนิตา รุ่งเรือง และเสรี ชัดแจ้ง. (2559). กรอบความคิดเติบโต: แนวทางใหม่แห่งการพัฒนา
ศักยภาพมนุษย์. *วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, 14(1), 1-13.
- ชรินทร์ ดั่งธรรม และวินิทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์. (2565). การพัฒนาความฉลาดรู้ด้าน
คณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์
เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *Journal of Roi Kaensarn
Academi*, 7(11), 373-389
- ชรินทร์ ดั่งธรรม และวินิทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์. (2564). การพัฒนาความฉลาดรู้ด้าน
คณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์เรื่อง
ความน่าจะเป็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.*
- ชูศรี ตันพงศ์. (2546). *ประเมินพัฒนาการ: มิติใหม่แห่งการพัฒนาศักยภาพผู้เรียน.*
มูลนิธิสตรัสตริสธิดีวงศ์.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2544). *เทคโนโลยีการศึกษาทฤษฎีและการวิจัย*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ญาติ อรรถอนันต์ และคณะ. (2560). *แอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษสำหรับ
เด็กบกพร่องทางการได้ยิน. ในการสัมมนาวิชาการ ระดับชาติ ด้านคนพิการ ครั้งที่ 9 ศูนย์
ประชุมวายุภักษ์ โรงแรมเซ็นทรา บายเซ็นทารา ศูนย์ราชการและคอนเวนชันเซ็นเตอร์
แจ้งวัฒนะ. กรุงเทพฯ.*
- ญาติ มุนินทร์สาคร. (2558). *การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์
สำหรับการจัดสอบ O-NET ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา).*
ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ณพนันท์ ยมจินดา. (2563). *การเปรียบเทียบคุณภาพแบบทดสอบเลือกตอบที่ให้คะแนน
แบบธรรมดาและให้คะแนนแบบพิจารณาความมั่นใจตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ.*
(วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ณภาพ พรหมแก้วงาม. (2565). *การพัฒนารูปแบบการทดสอบเพื่อเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้วิชา
คณิตศาสตร์ในห้องเรียน ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ตามแบบ
การเรียนรู้ของผู้เรียน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา).* กรุงเทพฯ:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณรงค์ จันทรมหา. (2554). *การเปรียบเทียบค่าความเที่ยงของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มี
จำนวนข้อสอบทำหน้าที่ต่างกันแตกต่างกัน. วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา,*
8(2), 58-71.

- ณรงค์กร มโนจันทร์เพ็ญ. (2565). *TDRi ชี้นำผลสอบ PISA เด็กไทยแย่งทุกทักษะ สะท้อนวิกฤตการศึกษา ต้องเร่งแก้ปัญหาให้ถูกจุด*. สืบค้นจาก <https://thestandard.co/tdri-pisa-test-results/>
- ดลยา แดงสมบูรณ์. (2551). *การศึกษาผลการพัฒนาการคิดวิเคราะห์โดยใช้กิจกรรมการแสวงหาและค้นพบความรู้ด้วยตนเองประกอบการประเมินตามสภาพจริง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ดาวเรือง ลุมทอง และโชติกา ภาชีผล. (2553). ผลของรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อการพัฒนาการของผลงานด้านทัศนศิลป์: การประยุกต์ใช้ข้อมูลย้อนกลับทั่วไปและข้อมูลชี้แนะเพื่อการปรับปรุง. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 6(1), 353-367
- ตะวัน รุ่งแสง และ เมษา นวลศรี. (2564). การพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสตอรี่ไลน์ เรื่อง ระบบนิเวศ. *Journal of Roi Kaensarn Academia*. 6(7), 47-61.
- ทิวดี มณีโชติ. (2560). “สถิติ” กับ “การวิจัยชั้นเรียน”. ใน *เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของคุรุสภา ประจำปี 2560 เรื่อง ครูยุคใหม่ สร้างเด็กไทย 4.0*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา.
- ทิตนา แคมมณี. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ทิตนา แคมมณี. (2562). การจัดการการเรียนรู้ฐานสมรรถนะเชิงรุก. ใน *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการของคุรุสภา ประจำปี 2562 เรื่อง ครูแห่งอนาคตเพื่อผู้เรียนแห่งอนาคต*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา.
- ทิพย์เกสร พรหมภักดี. (2560). *การสร้างระบบสอบวัดมาตรฐานความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและสารสนเทศ ในมหาวิทยาลัยรังสิตด้วยทฤษฎีทดสอบแบบดั้งเดิม และทฤษฎีตอบสนองข้อสอบ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต.
- ธัญญ์ ธัญลักษณ์มะระ. (2563). *ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูลย้อนกลับเชิงโต้ตอบด้วยคอมพิวเตอร์กับความสามารถทางฟิสิกส์ที่มีต่อการพัฒนาการด้านความสามารถและอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธีระ อาชวเมธี และคณะ. (2548). *พื้นฐานการวิจัยเชิงประจักษ์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- นงเยาว์ เลี่ยมขุนทด. (2547). การพัฒนาแผนการเรียนรู้ภาษาไทย เรื่องการอ่านและการเขียน สะกิดคำโดยใช้แผนผังความคิด ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. (การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- น้อย คันชั่งทอง. (2565). การพัฒนาแบบทดสอบมาตรฐานวัดการรู้สารสนเทศสำหรับนักศึกษาระดับ ปริญญาตรีโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ. วารสารห้องสมุด. 66(2), 131-149.
- นุกาพรรณ ปลื้มใจ และคณะ. (2558). การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบ ปรับเหมาะด้วย คอมพิวเตอร์สำหรับการจัดสอบ O-NET ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วารสารวิทยาการวิจัย และวิทยาการปัญญา. 13(2), 109-125.
- นิธิดา อติภทรนันท์. (2547). การพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนแบบออนไลน์ทางด้านการ เขียนภาษาอังกฤษในกระบวนวิชา 066714 สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิศากร จุลรักษา. (2565). การเปรียบเทียบคะแนนการเพิ่มสัมพัทธ์ในหัวข้อ อนุพันธ์ของฟังก์ชันโดยใช้กฎการหาอนุพันธ์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่หนึ่ง คณะเทคโนโลยีการแพทย์ โดยใช้ การเรียนรู้แบบดั้งเดิมการเรียนรู้แบบร่วมมือ และการเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. ใน การประชุมวิจัยแห่งชาติ ปี 2557 เมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2565: หน้า 856-865.
- นิอร ไชยพรพัฒนา. (2549). การเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลโค้ง พัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์: การศึกษามอนติคาร์โล. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บพิศ กิจมี. (2551). การใช้การเรียนรู้แบบบริบทเป็นฐานในการจัดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนบ้านเมืองคอง จังหวัดเชียงใหม่. (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ประภารัช ทิพย์สงเคราะห์. (2555). ผลของการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยโดยใช้เว็บควอส 2.0 และการเสริมศักยภาพทางการเรียน ที่เน้นกระบวนการที่มีต่อความสามารถในการเขียน เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปรีดาวรรณ อ่อนนางไย. (2555). การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สำนักการศึกษากรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2562). การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติโดยใช้แอปพลิเคชัน สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนม่วงมิตรวิทยาคม. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 13(3), 63-70.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2555). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2554. สืบค้นวันที่ 10 ตุลาคม 2566, จาก <http://www.royin.go.th/dictionary/>.
- พรพิมล รอดเคราะห์. (2550). ผลของรูปแบบของการให้ผลป้อนกลับในเกมจำลองมีเดียเพื่อการศึกษาที่มีต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรศรี ลิ่วกุลสมบูรณ์. (2539). การเลือกรับผลป้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พัชชา ห่อตระกูล. (2567). คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์:แนวทางที่ดีกว่าในการประเมินกระบวนการเรียนรู้ทางวิสัยวิทยา. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์*. 6(1): 39-45.
- พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ. (2559). *เอกสารประกอบการสอนการวัดและประเมินผลการศึกษา Educational Measurement and Evaluation*. อุดรธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
- พัชรี จันทรเพ็ง และคณะ. (2563). *โครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พิชิต ฤทธิ์จรรณ. (2557). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: แฮ้าสออปเคอร์มิสท์.
- พีไลพร แคมชอย. (2552). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พีไลพร แคมชอย. (2552). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ไพฑูรย์ เอื้อบุญประดิษฐ์. (2563). *การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ*.

- (วิทยานิพนธ์ปริญญาคุฏฐบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพชบุ๊คสำนักการศึกษา. (2565). ผมเชื่อว่าผลลัพธ์นี้เป็นสิ่งที่หลายคนคาดการณ์ได้เนื่องจากคุณภาพของระบบการศึกษาไทยมีแนวโน้มถดถอยอย่างต่อเนื่องตลอด 10-20 ปีที่ผ่านมาแต่ผมหวังว่าผลลัพธ์นี้จะเป็นอย่างอื่น “สัญญาเดือนภัย” ที่ทำให้ทุกภาคส่วนเห็นชัดว่าการศึกษาไทยกำลังอยู่ในขั้น “วิกฤต”. สืบค้นจาก <https://www.dataxet.co/social/2023/307582>.
- ภาณุวัฒน์ วรพิทย์เบญจา. (2558). การพัฒนาแอปพลิเคชันการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเสมือนจริงบนอุปกรณ์เคลื่อนที่. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 8(2), 58-67.
- ภัทรชาติ ชุ่มนวล. (2564). ผลการให้ข้อมูลย้อนกลับจากการประยุกต์ใช้โปรแกรมโค้ดที่มีต่อพัฒนาการการคิดแก้ปัญหาของ นักเรียนประถมศึกษา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภูรินทร์ เทพสถิต และคณะ. (2564). การวิเคราะห์ข้อมูลตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า โดยใช้โปรแกรมอาร์. วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 28(2), 13-26.
- ภูเดช วรโกชน. (2559). การศึกษาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนธวัชบุรีวิทยาคม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- มะลิวรรณ งามยิ่ง. (2563). การพัฒนาหลักสูตรความรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- มะลิวรรณ งามยิ่ง, รุ่งทิพา แยมรุ่ง, และชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2564). การพัฒนาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- มยุรี ศรีชัย. (2536). สถิติพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: วี.เจ. พรินต์ติ้ง
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- ราชบัณฑิตยสภา. (2562). ทำไมจึงต้องสร้างความรู้ : ศึกษาจากปรากฏการณ์และทำนายอนาคต. กรุงเทพฯ: สำนักธรรมศาสตร์และการเมือง ราชบัณฑิตยสภา.

- รุ่งนภา พงดาวิรัตน์. (2533). การเปรียบเทียบผลของการให้ผลป้อนกลับในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วาปี คงอินทร์ และผกาพรรณ ปราบมาก. (2566). การพัฒนาทักษะการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวัดประดู่ในทรงธรรมโดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับเทคนิค SQ4R. วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, 17(1), 172-185.
- วรรณธิดา ยลวิลา และคณะ. (2564). การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการสอนออนไลน์แบบเปิดกว้างสำหรับมวลชน ตามแนวคิดการเรียนรู้ของเครื่องจักร. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยวิทยาเชิงพุทธ 6(9), 326-336.
- วัชรินทร์ เพชรชู. (2539). ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพกับการให้ผลป้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วินิจ เทือกทอง. (2537). การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคำนวณคะแนนเพิ่มวิธีต่าง ๆ ด้วยระเบียบวิธีการมอนติคาร์โล. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิรัช วรรณรัตน์. (2539). การวัดประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- วิรัช วรรณรัตน์. (2539). การวัดประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิไลพร ลักษณะวิวัฒน์. (2560). การให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนต่อการเขียนบทสรุปและวิจารณ์ผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 11(2), 222-234.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. “สัญญาอนุญาตสาธารณะทั่วไปของกนู”. สืบค้นจาก <https://th.wikipedia.org/wiki/>.

- ศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์. (2547). ปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). กรุงเทพฯ:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศุภลักษณ์ จุฑา. (2559). “บทบรรณาธิการ Multi media e-News”. นครปฐม:
มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2563). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริเดช สุชีวะ และคณะ. (2559). *ทักษะทางปัญญาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา: การพัฒนา
โมเดลและเครื่องมือวัดออนไลน์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สง่า วงศ์ไชย. (2564). การพัฒนาคุณภาพงานเขียนโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับ: กรณีศึกษาแบบทดสอบ
อัตนัยระดับชาติ. *วารสารบัณฑิตศึกษา* 18(80).
- สมชาย รัตนทองคำ. (2554). *การวัดและประเมินผลทางการศึกษา*. สืบค้นจาก
<https://ams.kku.ac.th/aalearn/resource/edoc/tech/54/13eva.pdf>
- สมชาย รัตนทองคำ. (2556). *การวัดและประเมินผลทางการศึกษา*. เอกสารประกอบการสอน
ทางกายภาพบำบัด. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2552). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3).
กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2555). *การวิจัยเบื้องต้น*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต. (2549). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *การวัดประเมินผลคณิตศาสตร์*.
กรุงเทพฯ: สสวท.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์*
(พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *การวัดประเมินผลคณิตศาสตร์*.
กรุงเทพฯ: สสวท.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). *ผลการศึกษานวโน้มการจัด
การศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติของโครงการ TIMSS 2007
ประเทศไทยอยู่ตรงไหน*. กรุงเทพฯ: สสวท.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). *ผลประเมิน PISA 2009 การอ่าน
คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ บทสรุปเพื่อการบริหาร*. กรุงเทพฯ: สสวท.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). *รายงานประจำปี 2553*. กรุงเทพฯ:
สสวท.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ตัวอย่างข้อสอบการประเมินผล
นานาชาติ PISA คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโครงการ PISA ประเทศไทย. (2556). *รายงาน
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น: โครงการ PISA 2012*. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้งกรุ๊ป.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). *ผลการประเมิน
PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*.
สมุทรปราการ: แอดวานซ์ พรินติ้ง เซอร์วิส.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *การศึกษาคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียน
ไทยการพัฒนา ผลกระทบ ภาวะถดถอยในปัจจุบัน*. กรุงเทพมหานคร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการประเมิน PISA 2015
วิทยาศาสตร์การอ่าน และคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สสวท.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการประเมิน PISA 2015
วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สสวท.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการวิจัย PISA 2015*.
กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการประเมิน PISA 2015
วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สสวท.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *Proof without words: หนึ่งในวิธี
พิสูจน์ทางคณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริม
การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: สสวท.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *ผลการประเมิน PISA 2018: บทสรุปผู้บริหาร*. สืบค้น 20 กันยายน 2566, จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2018-summary-result/>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์*. สืบค้น 20 กันยายน 2566, จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/mathematical-literacy/>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *PISA 2021 กับการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์*. สืบค้น 4 สิงหาคม 2566, จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/issue-2023-63>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สสวท.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *เอกสารประกอบการอบรมการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สสวท.
- สรียา โชติธรรม, ธนันท์ ธนารัษฎะภูมิ, และอุษณี ลลิตผสาน. (2563). *การพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมกรอบความคิดแบบเติบโตเพื่อยกระดับความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดกรุงเทพมหานคร*. กรุงเทพฯ: สำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร.
- สัตยา นาอุดม และสมบัติ ท้ายเรือคำ. (2558). การพัฒนาแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ. ใน *การประชุมวิชาการ “มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 12”*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2553). *เป้าหมายยุทธศาสตร์และตัวบ่งชี้การปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง (พ.ศ.2552-2561)*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2554). *คู่มือสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหาร ครูและนักเรียนเพื่อเตรียมความพร้อมรองรับการประเมินตามโครงการวิจัยนานาชาติ (PISA และ TIMSS)*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). *มาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ. 2561*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2562). *เข้าใจสมรรถนะอย่างง่ายๆ ฉบับประชาชน และเข้าใจหลักสูตรฐาน สมรรถนะอย่างง่ายๆ ฉบับครู ผู้บริหาร และบุคลากรทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: บริษัท 21 เซ็นจูรี จำกัด.
- สุกัญญา นิমানันท์. (2533). ข้อมูลย้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. *วารสารวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. 12(1), 22-28.
- สุกัญญา นิমানันท์. (2536). การสอนแบบให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเอง. *วารสารการศึกษา*, 4(38), 6.
- สุกรี รอดโพธิ์ทอง. (2538). การออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. ใน *เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการเรื่องการผลิตและการใช้มัลติมีเดียเพื่อการศึกษา*. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุกรี รอดโพธิ์ทอง. (2544). บทบาทคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. ใน *โครงการเอกสารและตำราทางวิชาการ*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- สุชาติ ปัทมวิภาต. (2557). การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2015. *นิตยสาร สสวท.*, 45(188), 35-39.
- สุนีย์ คล้ายนิล. (2549). *การเรียนรู้เพื่อโลกวันพรุ่งนี้: รายงานสรุปเนื้อหาการบริหาร*. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้งกรุ๊ป.
- สุนีย์ คล้ายนิล. (2549). *การเรียนรู้เพื่อโลกวันพรุ่งนี้: รายงานการประเมินผลการเรียนรู้จาก PISA 2003*. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้งกรุ๊ป.
- สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ. (2549). *การเรียนรู้เพื่อโลกวันพรุ่งนี้: รายงานการประเมินผลการเรียนรู้จาก PISA 2003*. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้งกรุ๊ป.
- สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ. (2550). *บทสรุปเพื่อการบริหาร : การรู้วิทยาศาสตร์การอ่านและคณิตศาสตร์ของนักเรียนวัย 15 ปี*. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้งกรุ๊ป.
- สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ. (2551). *ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สำหรับโลกวันพรุ่งนี้*. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้งกรุ๊ป.
- สุนทร เทียนงาม และคณะ. (2553). ผลของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่มีต่อค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถของผู้สอบ และสารสนเทศของแบบสอบเมื่อมีเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน. *วารสารวิธีวิทยาการวิจัย*, 23(3), 247-271.
- สุโท เจริญสุข. (2515). *จิตวิทยาการศึกษา (ฉบับมูลฐานสำหรับครู)*. กรุงเทพฯ: แพร่วิทยา.

- สุรเดช อนันตสวัสดิ์. (2560). การพัฒนาระบบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบ
สอบวินิจัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎบัณฑิต) กรุงเทพฯ:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรัชย์ รักสมบัติ และคณะ. (2563). การจัดคลังข้อสอบจำแนกตามเนื้อหาและระดับความยากของ
ข้อสอบ: โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ. วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม, 26(2), 322-336.
- สุริรัตน์ คนล้ำ. (2545). ผลของรูปแบบการคิดและการควบคุมผลป้อนกลับในบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกปฏิบัติที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของ
นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวรรณ์ ทองพันชั่ง. (2560). ผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบผสมที่แตกต่างกันด้วย
คอมพิวเตอร์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.
(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม. (2555). ผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกันที่มีต่อ
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1.
(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อวยพร เรืองตระกูล. (2544). การพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตาม
ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎ
บัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคะนอง. (2553). ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ.
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคะนอง. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- อารี พันธมณี. (2534). จิตวิทยาการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: บริษัท ดันอ้อ จำกัด.
- อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล. (2562). การวิจัยทางการศึกษา: แนวคิดและการประยุกต์ใช้. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เอมย์วิภา พุทธรักษา และคณะ. (2560). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่องคำราชาศัพท์บน
ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ "การจัดการเทคโนโลยีและ
นวัตกรรม" ครั้งที่ 3 มหาวิทยาลัย ราชภัฏมหาสารคาม, จังหวัดมหาสารคาม.

- อุบลศรี อุบลสวัสดิ์. (2526). *การศึกษาเปรียบเทียบการเรียนด้านความรู้ความเข้าใจจากหนังสือ การ์ตูนซึ่งนักเรียนมีส่วนร่วมในการประกอบภาพเอง โดยมีการให้ผลย้อนกลับทั้งการ อธิบายและไม่มีการอธิบายกับไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- Adam M. Persky, G. M. P. (2008). Using answer-until-correct examinations to provide immediate feedback to students in a pharmacokinetics course. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 72(4).
- Alessi, S. M., & Trollip, S. R. (1991). *Computer-based Instruction: Methods and Development* (2nd ed., illustrated). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Amanda Lipko-Speeda, J. D., Katherine A. Rawsonba. (2014). Does testing with feedback help grade-school children learn keyconcepts in science?. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*. 3, 171-176.
- Andrew C. Butler, J. D. K., and Henry L. Roediger III. (2007). The Effect of Type and Timing of Feedback on Learning From Multiple-Choice Tests. *Journal of Experimental Psychology*, 13(4), 273-281.
- Attali, Y., & Powers, D. (2010). Immediate feedback and Opportunity to Revise Answers to Open-ended Questions. *Educational and Psychological Measurement*, 70, 22-35.
- Attali, Y. (2011). Immediate Feedback and Opportunity to Revise Answers: Application of a Graded Response IRT Model. *Applied Psychological Measurement*, 35(6), 472- 479.
- Attali, Y. (2015). Effects of Multiple-try Feedback and Question Type during Mathematics Problem Solving on Performance in Similar Problems. *Computers & Education*, 88, 260-267.
- Basokcu, T. O., & Ogretmen, T. (2014). Comparison of parametric and nonparametric item response techniques in determining differential item functioning in polytomous scale. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*. 3(2), 31-38.
- Beeson, R.O. (1973). Immediate knowledge of results and test performance. *The Journal of Education Research*. 66, 224-226.

- Buckley, P. (2012). Can the effectiveness of different forms of feedback be measured? Retention and student preference for written and verbal feedback in level 4 bioscience students. *Journal of Biological Education*. 46(4), 242-246.
- Brock, A. & Hundley, H. (2016). *The growth mindset coach: A teacher's month-by-month handbook for empowering students to achieve*. CA: Ulysses Press.
- Bussiere, P. (2007). *Measuring up: The Performance of Canada's youth in Reading*.
- Chauhan, S. P. (2008). 'Expectancy Theory Applied to the Process of Professional Obsolescence'. *Public Personnel Management Journal*. 11(1): 13-21
- Clifford, J.P. (1981). Composing in stages: The effects of a collaborative pedagogy. *Research in the Teaching of English*, 15, 37-53.
- Citizen Foundation. (2015). *Digital Citizenship School Program*. Retrieved from <https://globaldigitalcitizen.org/digital-citizenship-school-program>.
- Cohen, J. (1982). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Culpeper, S. A. (2014). If at First You Don't Succeed, Try, Try Again: Applications of Sequential IRT Models to Cognitive Assessments. *Applied Psychological Measurement*, 38(8), 632-644.
- Dee Cecco, J.P. (1968). *The Psychology Learning and Instruction*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-hall, Inc.
- Delgado, A. R., & Prieto, G. (2003). The Effect of Item Feedback on Multiple-choice Test Responses. *British Journal of Psychology*. 94, 73-85.
- De Ayala, R. J. (2009). *The theory and practice of item response theory*. New York: Guilford.
- Diab, N. M. (2015). Effectiveness of written corrective feedback: Does type of error and type of correction matter? *Assessing Writing*, 24, 16-34.
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset The new psychology of success*. New York: Random.
- Dweck, C. S. (2016). *Mindsets and math/science achievement*. (online). <https://www.opportunityequation.org>. 20 January 2020.
- Edelen, M. O., & Reeve, B. B. (2007). Applying item response theory (IRT) modeling to questionnaire development, evaluation, and refinement. *Quality of Life*

- Research*, 16(Suppl 1), 5–18.
- Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2000). Item response theory for psychologists. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Fabienne M. van der Kleij, T. J. H. M. E., Caroline F. Timmers, Bernard P. Veldkamp. (2012). Effects of feedback in a computer-based assessment for learning. *Computers & Education*, 58, 263-272.
- Fageiha, H. I. (2015). Learners' Attitudes Towards Corrective Feedback. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 192, 664-671.
- Finch, H. (2010). Item Parameter Estimation for the MIRT Model Bias and Precision of Confirmatory Factor Analysis—Based Models. *Applied Psychological Measurement*, 34(1), 10-26.
- Frey, A. and Seitz, N. N. (2009). Multidimensional adaptive testing in educational and psychological measurement: Current state and future challenges. *Studies in Educational Evaluation*, 35, 89–94.
- Gelman, A., Meng, X.-L., and Stern, H. (1996). Posterior Predictive Assessment of Model Fitness Via Realized Discrepancies. *Statistica Sinica*, 733–807.
- Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., and Rubin, D. B. (2014). *Bayesian data analysis*. (3th ed.). London: Chapman and Hall/CRC.
- Gielen, M., & Wever, B. D. (2015). Structuring Peer Assessment: comparing the Impact of the Degree of Structure on Peer Feedback content. *Content. Computers in Human Behavior*. 52, 315-325
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28, (957-976).
- Gilman, D.A. (1969). Comparison of several feedback methods for correcting errors by computer-assisted instruction. *Journal of Educational Psychology*, 60(6), 503-508.
- Griffin, P., and E. Care, eds. *Assessment and Teaching of 21st Century Skills: Methods and Approach*. Dordrecht: Springer.
- Golke, S., Dorfler, T., & Artelt, C. (2015). The impact of elaborated feedback on text comprehension within a computer-based assessment. *Learning and*

instruction, 39,123-136.

- Gouli, E., Gogoulou, A., & Grigoriadou, M. (2008). Supporting Self-, Peer-, and Collaborative - Assessment in E-Learning: The Case of the Peer and Collaborative - Assessment Environment (PECASSE). *Journal of Interactive Learning Research. 19*(4), 615-647.
- Gülsah Çınar Yastibas, A. E. Y. (2015). The effect of peer feedback on writing anxiety in Turkish EFL (English as a foreign language) students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 199*, 530-538.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research, 1*(77), 81-112.
- Hambleton, R., Swaminathan, H., & Rogers, H. (1991). *Fundamentals of item response theory*. Newbury Park CA: Sage.
- Heggart, K. (2015). Developing a growth mindset in teachers and staff. (online). <https://www.edutopia.org/discussion/developing-growth-mindset-teachers-and-staff>.
- Iron, A. (2008). *Enhancing learning through formative assessment and feedback*. Newyork: Routledge.
- Janet Metcalfe, N. K., Bridgid Finn. (2009). Delayed versus immediate feedback in children's and adults' vocabulary learning. *Memory & Cognition, 37*(8), 1077-1087.
- Kose, A. I., & Demirtasli, C. N. (2012). Comparison of unidimensional and multidimensional models based on item response theory in terms of both variables of test length and sample size. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 46*(2012), 135-140
- Lipko-Speed, A., Dunlosky, J., & Rawson, K. A. (2014X. dose Testing with Feedback Help Grade-school Children Learn Keyconcepts in Science? *Journal of Applied research in Memory and cognition, 3*, 171-176.
- Mario Gielen, B. D. W. (2015). Structuring peer assessment: Comparing the impact of the degree of structure on peer feedback content. *Computers in Human Behavior, 52*, 315-325.

- Moghadamzadeh, A., Salehi, K., & Khodaie, E. (2011). A Comparison the Information Functions of the Item and Test in One, Two and Three Parametric Model of the Item Response Theory (IRT). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 29(2011), 1359–1367
- Muraki, E. (1992). A generalized partial credit model: Application of an EM algorithm. *Applied Psychological Measurement*. 16(2), 159-176.
- Neha Sinhaa, A. L. G. (2015). Delayed, But Not Immediate, Feedback After MultipleChoice Questions Increases Performance on a Subsequent Short-Answer, But Not Multiple-Choice, Exam: Evidence for the Dual-Process Theory of Memory. *The Journal of General Psychology*, 142(2), 118-134.
- Noonan, H. W. (1984). Review of *The Concept of Identity* by Eli Hirsch. *Philosophical Quarterly*, 34(135), 175
- OECD. (1999). *Measuring Student Knowledge and skills: A New Framework for Assessment*. Paris: Author.
- OECD Council. (1999). *OECD Principles of Corporate Governance*. France: Paris cedex 16.
- OECD ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework–Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. NP: n.p.
- OECD. (2007). PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World. Retrieved 20/05/2023, from http://www.pisa.org/pages/0,2987,en_32252351_32235731_1_1_1_1_1,00.html.
- OECD. (2007). *Science Competencies for Tomorrow's world. Volume 1 Analysis*. Paris: OECD Publication.
- OECD. (2009). *PISA 2009 Assessment Framework - Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*. Retrieved September 28 2023, from <https://www.oecd.org/pisalpisaproducts/44455820>.
- OECD. (2013). PISA 2012 Results: what Students Know and Can Do-Student Performance in Mathematics. *Reading and Science (Volume I)*. Paris: OECD Publishing

- OECD. (2018). PISA 2022 Mathematics Framework (draft). Retrieved August 4 2023, from <https://pisa2022-maths.oecd.or>.
- OECD. (2023). PISA 2022 Assessment and Analytical Framework. Retrieved December 20 2023, from <https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en>.
- Ontario Ministry of Education and Training. (1999). *The Ontario curriculum. Grades 9 and 10 : Mathematics*. Toronto: Author.
- Organization for Economic Co-operation and Development. (1999). *Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment*. Paris: Author
- Parvez, S. M., & Blank, G. D. (2008). Individualizing tutoring with learning style based feedback. In B. P. Woolf, E. Aïmeur, R. Nkambou, & S. Lajoie (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems: Lecture Notes in Computer Science*. 5091, 291–301.
- Partnership for 21st Century Skills. (2010). *Framework definition*. Retrieved from <http://www.p21.org/documents/P21-Framework-Definitions.pdf>.
- Quinton and Smallborne. (2010). Feeding forward : Using Feedback to promote Student reflection and learning-a teaching model. *Innovations in Education and Teaching International*. 47(1).
- Rassaei, E. (2015). Oral corrective feedback, foreign language anxiety and L2 17 development. *System*, 49, 98-109.
- Reynolds, C. R., & Livingston, R. B. (2012). *Measurement and assessment in education* (2nd ed.). Pearson.
- Reinhard Pekrun, A. C., Kou Murayama, Andrew J. Elliot, Kevin Thomas. (2014). The power of anticipated feedback: Effects on students' achievement goals and achievement emotions. *Learning and Instruction*, 29, 115-124.
- Roberta E. Dihoff, G. M. B., Michael L. Epstein. (2003). The Role of Feedback During Academic Testing: The Delay Retention Effect Revisited. *Psychological Record*, 53(4), 533-548.
- Samejima, F. (1969). *Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores*. Richmond: Psychometric Society.

- Sefe. (1992). The Self in self – Conscious emotions. *Briefly Review of E- Feedback. Internation* 57(1), 85-95.
- Sinhaa, N., Glassa, A. L. (2015). Delayed, nut Not Immediate, Feedback after Multiple-choice Questions Increases performance on a Subequent Short-answer, but Not Multiple-choice, Exam: Evidence for the Dual-process Theory of Memory. *The Journal of General Psychology*, 142(2), 118-134.
- Thomas, C. A. (2016). *A Comparison of Traditional Test Blueprinting to Assessment Engineering in a Large Scale Assessment Context*. Ph.D. Dissertation, The Graduate School, The University of North Carolina at Greensboro, U.S.A.
- Thongrin. (2002). Implications of E-mail in EFL writing Instruction. *Journal of studies in the English Language*. 10(1).
- Urry, V. W. (1977). Tailored testing: A Successful application of latent trait theory. *Journal of Educational Measurement*, 14(2), 181-196.
- Vasilyeva, E., Puuronen, S., Pechenizkiy, M., & Räsänen, P. (2007). Feedback adaptation in web-based learning systems. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning*, 17(4-5), 337-357.
- Van der Kleij, F. M., Eggen, T. J. H. M., Timmers, C. F., & Veldkamp, B. P. (2012). *Effects of feedback in a computer-based assessment for learning*. *Computers & Education*, 58(1), 263-272.
- Wei Zhu. (1995). The relationship between form size and fertilizer use efficiency: Evidence from china 01 Jan 2022. *Journal of Intorgrative Agriculture*. Journal Article.
- Wetzel E. and B. Hell (2014). "Multidimensional Item Response Theory Models in Vocational Interest Measurement: An Illustration Using the AIST-R." *Journal of Psychoeducational Assessment* 32(4): 342-355.
- Wilson M. and M. Hoskens (2005). *Multidimensional item response: Multimethod/Multitrait perspective. Applied rasch measurement: A book of exemplars papers in honors of John P.Keeves. S. Alagumalai, D. D. Curtis and N. Hungi*. Netherlands: Springer.

- Ye Han, F. (2015). Exploring learner engagement with written corrective feedback in a Chinese tertiary EFL classroom. *Journal of Second Language Writing*, 30, 31–44.
- Yunfei, D. and Simpson, C. (2002). Effects of Learning Styles and Class Participation on Students' Enjoyment Level in Distributed Learning Environments. *Journal of Education for Library and Information Science*, 45(2), 123-136.
- Zintz. (2018). *Effectiveness of a Growth Mindset in Education*. Sarah Zintz: Northwestern College - Orange City.





ภาคผนวก ก หนังสือรายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความสอดคล้อง ความเหมาะสม
ของงานวิจัยการพัฒนาแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล
ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

 **บันทึกข้อความ**

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๒๘

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๑๓๔๗ วันที่ ๑๗ เมษายน ๒๕๖๗

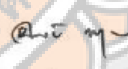
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ สว่างเมฆ

ด้วย นางสาวปราณี แก้วมา รหัสประจำตัว บ๕๐๓๐๗๐๕๑ นิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิชาพัฒนศาสตร์ทางการศึกษา ศึกษาศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ได้รับอนุมัติให้
ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาแบบวัดความสามารถฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ
ในรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ” เพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิตพงษ์ อ่องอาภาวัฒน์
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้
ความเชี่ยวชาญในเนื้อหาของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ
ตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังที่แนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความ
อนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

()
(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาคอุดม)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๑๑๔๗

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมืองฯ จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๑๗ เมษายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาวีพร ปานทอง

- สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นางสาวปราณี แก้วมา รหัสประจำตัว ๖๕๐๓๐๗๐๕ นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวัฒนธรรมทางการวัดผลการเรียนรู้ สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาแบบวัดความสามารถรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ ในรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.นำทิพย์ อองจาวาณิชย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเนื้อหาสาระของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาคคม)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๘

โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖

๒. นางสาวปราณี แก้วมา

โทร ๐๙-๖๙๕๒-๔๒๙๒



ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๑๑๔๗

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมืองฯ จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๑๗ เมษายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมคาย พันธุ์เพ็ง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นางสาวปราณี แก้วมา รหัสประจำตัว ๖๕๐๓๐๗๐๕ นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวัฒนธรรมและการจัดการเรียนรู้ สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาแบบวัดความสามารถฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติในรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ที่มีกรให้ข้อมูลย้อนกลับ" เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. นันทิพย์ อ่องอาจวนิชย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเนื้อหาสาระของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาคูตม)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร ๐-๕๕๔๖-๘๘๒๘

โทรสาร ๐-๕๕๔๖-๘๘๒๖

๒. นางสาวปราณี แก้วมา

โทร ๐๔-๖๔๕๒-๔๒๔๒

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ ๖ ๑๑๕๗



บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
กำแพงเพชร จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๑๗ เมษายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร.อภิชัย นุชเนื่อง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑-โครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน ๓ ฉบับ
๒-เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นางสาวปราณี แก้วมา รหัสประจำตัว ๖๕๐๓๐๗๐๕ นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมทางการจัดการผลการเรียนรู้ สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาแบบวัดความสามารถฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ ในรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ" เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.นันทิพย์ อ่องอาภาธร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเนื้อหาสาระของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาอุดม)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร ๐-๕๕๙๖-๘๘๐๘

โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖

๒. นางสาวปราณี แก้วมา

โทร ๐๙-๖๙๕๒-๔๒๕๒



ที่ บว ๐๖๐๓.๐๒/ ๖ ๑๓๕๗

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมืองฯ จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๑๗ เมษายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร.ชัยรัตน์ ถาวรงามยิ่งสกุล

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จำนวน ๓ ฉบับ

ด้วย นางสาวปราณี แก้วมา รหัสประจำตัว ๖๕๐๓๐๗๐๕ นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมทางการจัดการการเรียนรู้ สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาแบบวัดความสามารถฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ ในรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. น้ำทิพย์ อองอาจวานิชย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเนื้อหาของของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์
ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาอุดม)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย
โทร ๐-๕๕๕๖-๘๘๒๘
โทรสาร ๐-๕๕๕๖-๘๘๒๖

๒. นางสาวปราณี แก้วมา
โทร ๐๙-๖๙๕๒-๔๒๕๒



ที่ อว ๐๖๐๓๐๒/ ๓๕๒๕

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมืองฯ จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๑๐ กรกฎาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความร่วมมือเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม จำนวน.....ฉบับ

ด้วย นางสาวปราณี แก้วมา รหัสประจำตัว ๖๕๐๓๐๗๐๕ นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวัฒนธรรมและการวัดผลประเมินผล ระดับบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาแบบวัดความสามารถด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ ในรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ" เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.น้ำทิพย์ อองอาจวานิชย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องขอเก็บข้อมูลจากท่าน บัณฑิตวิทยาลัย จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นิสิตดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์หรือวิชาการต่อไป บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาอุม)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๘

โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖

๒. นางสาวปราณี แก้วมา

โทร ๐๙-๖๙๕๒-๙๐๙๒



ที่ อว. ๐๖๐๓.๐๒/ว ๒๓๖๖

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมืองฯ จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๔ กันยายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความร่วมมือเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม จำนวน.....ฉบับ

ด้วย นางสาวปราณี แก้วมา รหัสประจำตัว ๖๕๐๓๐๗๐๕ นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวัฒนธรรมทางการวัดผลการเรียนรู้ สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาแบบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ ในรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.นำทิพย์ อ่องอาจวานิชย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องขอเก็บข้อมูลจากหน่วยงานของท่าน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นิสิตดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ซึ่งจะประโยชน์ทางวิชาการต่อไป บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาอุดม)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๘

โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖

๒. นางสาวปราณี แก้วมา

โทร ๐๙-๖๙๕๒-๔๑๙๒

ที่ ศธ ๐๔๓๐๓/ว๕๖



สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก
ถนนท่าเรือ ย่านเมืองตาก ต.ก. ๖๓๐๐๐

๖ มกราคม ๒๕๖๘

เรื่อง ขออนุญาตเผยแพร่ความร่วมมือเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนทุกแห่งในสังกัด

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. บัญชีโรงเรียนแนบท้าย

จำนวน ๑ ฉบับ

๒. หนังสือขออนุญาตเผยแพร่ความร่วมมือเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

จำนวน ๑ ชุด

๓. รายละเอียดเอกสารสิ่งที่ส่งมาด้วย

จำนวน ๑ ฉบับ

๓.๑ Link Platform การพัฒนาแบบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ฯ

๓.๒ คู่มือการใช้งาน แบบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ

๓.๓ แบบฟอร์มเก็บข้อมูล ของครูและบุคลากรทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องในการเก็บข้อมูล

๓.๔ กลุ่มไลน์ ผู้ประสานในการเก็บงานวิจัย

ด้วย นางสาวปราณี แก้วมา นิสิตรระดับปริญญาเอก สาขาวิชา นวัตกรรมทางการวัดผล การเรียนรู้ สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเรศวร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาแบบวัดความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ” ในรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.น้ำทิพย์ กองอาจาวณิชย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ นั้น

ในการนี้ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก จึงขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดอนุญาตให้นิสิตดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยดังสิ่งที่ส่งมาด้วย ซึ่งเป็นประโยชน์ทางวิชาการต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อทราบและดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายศักดิ์ชัย ใจแปง)

รองผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก

กลุ่มนิเทศ ติดตาม และประเมินผลการจัดการศึกษา

โทรศัพท์ ๐๘๓-๘๗๕๔๑๓

นางปัทมา ภู่วาสดี ๐๙๖ ๑๓๖๐๐๗๐

“เรียนดี มีความสุข”

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑

- ๒ -

บัญชีรายชื่อโรงเรียน

๑. โรงเรียนตากพิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๓ ห้องเรียน
๒. โรงเรียนผดุงปัญญา	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๓ ห้องเรียน
๓. โรงเรียนวังหินกิตติวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๑ ห้องเรียน
๔. โรงเรียนถนอมราษฎร์บำรุง	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๑ ห้องเรียน
๕. โรงเรียนวังประจวบวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๑ ห้องเรียน
๖. โรงเรียนบ้านตาก “ประชาวิทยาคาร”	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๒ ห้องเรียน
๗. โรงเรียนทุ่งฟ้าวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๑ ห้องเรียน
๘. โรงเรียนสามเงาวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๑ ห้องเรียน
๙. โรงเรียนยกกระบี่ตรวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๑ ห้องเรียน
๑๐. โรงเรียนนาโปลีพิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๒ ห้องเรียน
๑๑. โรงเรียนวังเจ้าวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๒ ห้องเรียน
๑๒. โรงเรียนแม่ระมาดวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๓ ห้องเรียน
๑๓. โรงเรียนแม่เงาวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๒ ห้องเรียน
๑๔. โรงเรียนท่าสองยางวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๒ ห้องเรียน
๑๕. โรงเรียนสรรพยาวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๓ ห้องเรียน
๑๖. โรงเรียนแม่ปะวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๒ ห้องเรียน
๑๗. โรงเรียนด่านแม่ละเมาวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๑ ห้องเรียน
๑๘. โรงเรียนแม่กุวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๑ ห้องเรียน
๑๙. โรงเรียนเทพะวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๓ ห้องเรียน
๒๐. โรงเรียนอุ้มผางวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๒ ห้องเรียน
๒๑. โรงเรียนโนไกรวิทยาคม	เก็บข้อมูลงานวิจัย ๑ ห้องเรียน

“เรียนดี มีความสุข”

ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้
ข้อมูลย้อนกลับสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



Mathematical Literacy

แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในรูปแบบแอปพลิเคชัน
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy)

PISA ได้นิยามความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ว่า PISA 2022 ระบุว่า “ความสามารถของแต่ละบุคคลในการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และสามารถแก้ปัญหาใช้คณิตศาสตร์และตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมถึงการใช้แนวคิดกระบวนการหรือเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบาย อธิบาย และคาดการณ์ปรากฏการณ์ต่างๆ โลกสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้แต่ละบุคคลหาจุดจบของคณิตศาสตร์ที่มีต่อโลกนี้และสร้างพื้นฐานที่ดีในการลงข้อสรุปและการตัดสินใจเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องมีความสร้างสรรค์ ใฝ่หาคำตอบที่นอกกรอบ และมีไหวพริบต่อสังคมส่วนรวม”



จุดประสงค์ของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในรูปแบบแอปพลิเคชัน
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

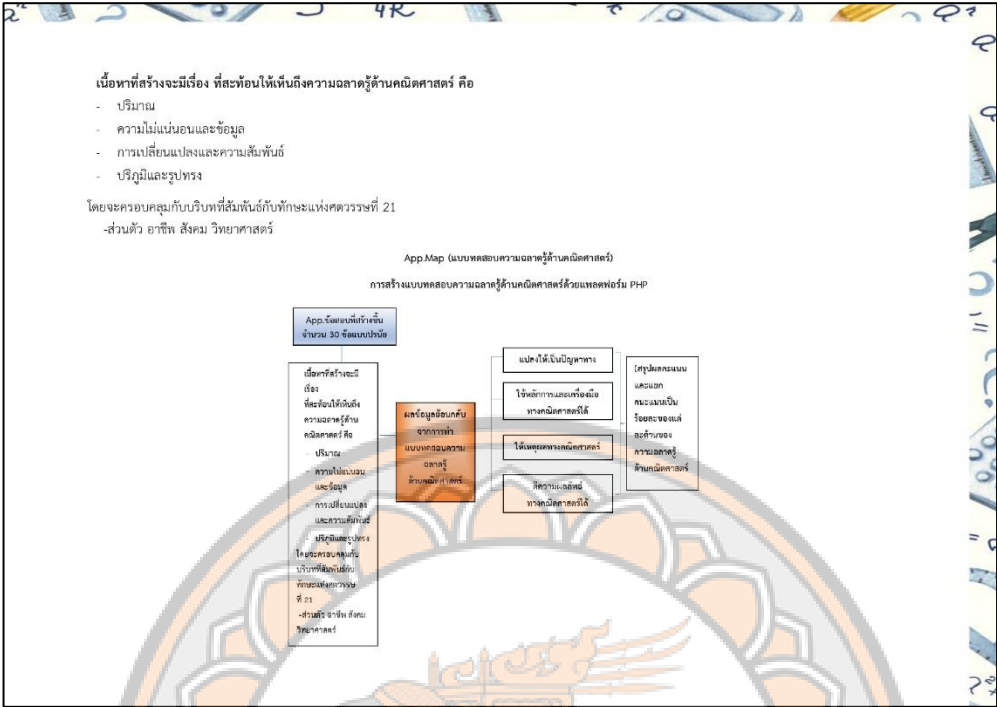
ซึ่งมีลักษณะในการพัฒนา ให้ประกอบและตัวบ่งชี้ให้นักเรียนเกิดความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ดังนี้

1. มีการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
 - คิด แปลงปัญหา ใช้คณิตศาสตร์ ตีความและประเมิน
2. เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา
 - ปริมาณ ความไม่แน่นอนและข้อมูล การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ ปริภูมิและรูปทรง
3. บริบทที่สัมพันธ์กับทักษะแนวศตวรรษที่ 21
 - ส่วนตัว อาชีพ สังคม วิทยาศาสตร์โดยจะสะท้อนข้อมูลย้อนกลับ แบบองค์รวม และการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับแบบแยกส่วน เพื่อให้รู้ผลความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์แต่ละสมรรถนะ ใน 4 สมรรถนะทำให้มีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์



ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

- นักเรียนสามารถแปลงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์
- นักเรียนสามารถใช้หลักการและเครื่องมือทางคณิตศาสตร์
- นักเรียนสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
- นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์



ข้อสอบแบบทดสอบความรู้ด้านคณิตศาสตร์ ในรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

มีสถานการณ์และบริบท

ข้อที่ 1 เดือนรางวัล

โตไปป๋าที่ร้านเล่นร้านหนึ่งในงานวัด การเล่นเกมนี้เริ่มด้วยหมุนวงล้อ แล้วล้อหยุดที่เลขคู่ ผู้เล่นจะได้หยิบลูกหินในถุง วงล้อและลูกหินที่อยู่ในถุง แสดงในรูปข้างล่างนี้



ผู้เล่นจะได้รับรางวัลเมื่อเขาหยิบได้ลูกหินสีดำ ถ้าโตไปเล่นเกม 1 ครั้ง ความเป็นไปได้ที่โตไปจะได้รับรางวัลเป็นอย่างไร จงให้เหตุผลประกอบ

1. เป็นไปได้น้อยมากที่จะได้รับรางวัล เพราะ ในถุงมีจำนวนลูกแก้วสีค่าน้อยกว่าสีขาว ซึ่งโอกาสที่เขาจะหยิบได้ลูกแก้วสีค่านั้นมีน้อย คือโอกาสได้รางวัลมีน้อยมาก

2. เป็นไปได้มากที่จะได้รับรางวัล เพราะ อาจหยิบได้แต่ลูกแก้วสีขาว

3. เป็นไปได้น้อยมากที่จะได้รับรางวัล เพราะ วงล้อมีเลขคู่

4. โอกาสได้รางวัลมีน้อยมาก เพราะ มีแต่ลูกแก้วสีขาว

มีติบริบท

มีเนื้อหาทางคณิตศาสตร์

มีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

ส่วนหัว	อธิบาย	สังเกต	วิเคราะห์	ประเมินผล	การเปลี่ยนแปลงและการเรียนรู้	ประเมิน	ความไม่แน่นอนและข้อมูล	คิดและแก้ปัญหา	ใช้คณิตศาสตร์	ให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	มีความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์
✓		✓					✓			✓	✓

ข้อสอบข้อนี้มีมิติที่สื่อการวัด 5 มิติ คือ มิติบริบทส่วนตัว, มิติบริบทสังคม, มิติเนื้อหาทางคณิตศาสตร์, ความไม่แน่นอนและข้อมูล, มีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ คือ ให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์

มีสถานการณ์และบริบท

ข้อที่ 2 เชื้อเค้ก

เค้กปวยทางโรงเรียนวัดมีรัศมี 10.5 ซม. โดยมีเนื้อเค้กหนา 5.00 ซม. ถ้าต้องการวัดการปริมาตรของเค้กออกมาพบว่า ปริมาตรของเค้ก 1 ก้อน = $\pi(10.5\text{ ซม.})^2(5\text{ ซม.}) = 1,731\text{ ลิบ.ซม.}$



คำถาม : ผลลัพธ์ 1,731 ลูกบาศก์เซนติเมตร หมายถึงส่วนใดของเค้กบ้าง

1. เนื้อเค้ก

2. เนื้อเค้กและครีม

3. เนื้อเค้ก ครีม และแยม

4. อื่นๆ

มีติบริบท

มีเนื้อหาทางคณิตศาสตร์

มีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

ส่วนหัว	อธิบาย	สังเกต	วิเคราะห์	ประเมินผล	การเปลี่ยนแปลงและการเรียนรู้	ประเมิน	ความไม่แน่นอนและข้อมูล	คิดและแก้ปัญหา	ใช้คณิตศาสตร์	ให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	มีความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์
✓			✓				✓				✓

ข้อสอบข้อนี้มีมิติที่สื่อการวัด 5 มิติ คือ มิติบริบทส่วนตัว, มิติเนื้อหาทางคณิตศาสตร์, บริภูมิและรูปทรง, ปริมาณ, มีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ คือ คิด/แก้ปัญหา, มีความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์

ข้อที่ 4 เรื่อง ดัดกระดาษ

เมื่อต้องการดัดแบ่งกระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากกว้าง 20 ซม. ยาว 22 ซม. ดังรูป ก. ออกเป็น กระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากกว้าง 2 ซม. ยาว 4 ซม. เพื่อที่จะหาจำนวนของกระดาษแผ่นเล็ก ที่มากที่สุด เพื่อเริ่มต้นหาพื้นที่ของกระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เท่ากับ ๘40 ตร.ซม. แล้วพื้นที่ ของกระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เท่ากับ 8 ตร.ซม. จากนั้นจึงนำพื้นที่ของกระดาษรูปสี่เหลี่ยม มุมฉากมาหารด้วยพื้นที่ของกระดาษรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เท่ากับ 55 และจึงสรุปว่า เราสามารถ ตัดแบ่งกระดาษเป็นแผ่นเล็กได้ทั้งหมด 55 แผ่น โดยจะต้องกระดาษด้วยการวางกระดาษด้านยาว 4 ซม. ลงบนกระดาษแผ่นใหญ่ในด้านยาว 22 ซม. และด้านกว้าง 2 ซม. ลงบน กระดาษแผ่นใหญ่ในด้านกว้าง 20 ซม. ดังรูป ข.

22 เซนติเมตร

20 เซนติเมตร

คำถาม : วิธีการตัดและข้อสรุปข้างต้นมีความสอดคล้องหรือไม่

- สมเหตุสมผล เพราะ ดัดกระดาษได้จำนวนตามที่ต้องการ
- สมเหตุสมผล เพราะ สามารถดัดกระดาษแบบใดก็ได้ ตามจำนวนที่ต้องการ
- ไม่สมเหตุสมผล เพราะถ้าตัดกระดาษในแนวอื่นจะสามารถตัดกระดาษได้ทั้งหมด 55 แผ่น เพราะจะตัดกระดาษได้เพียง 50 แผ่น ดังรูปข้อถัดไปกระดาษใบอีกแบบหรือดังรูป ค.
- ดัดกระดาษตามรูป ข หรือ รูป ค ก็ได้จำนวนกระดาษตามที่ต้องการเท่านั้น

ชนิดบันทึก	มีต้นเนื้อหาทรงเจดีย์ศาสตร์	มีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์
ค้นคว้า		
อธิบาย		
คิด		
หาคำตอบ		
การเขียนแบบความคิด		
เปรียบเทียบ		
ความไม่แน่นอน		
คิดแก้ปัญหา		
ใช้คณิตศาสตร์		
ใช้เหตุผลเชิงตรรกศาสตร์		
มีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์		

ข้อสรุปของมีต้นเนื้อหาทรงเจดีย์ศาสตร์ 6 มิติ คือ มีบันทึกส่วนตัว มีเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ปฏิบัติและรูปร่าง ปริมาณ มีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ คือ คิด/แปลปัญหา, การใช้คณิตศาสตร์ และใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

นิสิตดำเนินการแล้วฉบับที่

ข้อที่ 5 เรื่อง การเดินทางจากกรุงเทพมหานคร ไปยังสถานี่ต่างๆ

ตารางแสดงเวลาที่รถไฟออกจากกรุงเทพ ไปยังสถานี่ต่างๆ

ตารางการเดินทางรถไฟตามตาราง

กำหนดเวลาขบวนรถขึ้น

เลขขบวน	ประเภทขบวน	ต้นทางออก	ถึง	หยุด	ออก	ปลายทางถึง
13	ด่วนพิเศษ	19.35	กรุงเทพ-เชียงใหม่	03.05	3	03.08 08.40
107	เร็ว	20.10	กรุงเทพ-เชียงใหม่	04.02	3	04.05 05.15
105	เร็ว	21.00	กรุงเทพ-เชียงใหม่	04.34	2	04.36 04.40
51	ด่วน	22.00	กรุงเทพ-เชียงใหม่	06.03	3	06.06 12.10
403	ธรรมดา	05.55	เชียงใหม่-เชียงใหม่	07.34	3	07.37 07.40
407	ธรรมดา	05.00	นครสวรรค์-เชียงใหม่	09.04	3	09.07 14.35
7	สปรินเตอร์	08.30	กรุงเทพ-เชียงใหม่	14.22	5	14.27 19.30
111	เร็ว	07.00	กรุงเทพ-เชียงใหม่	15.21	3	15.24 16.30
3	สปรินเตอร์	10.50	กรุงเทพ-เชียงใหม่	19.07	5	19.12 19.15
109	เร็ว	13.45	กรุงเทพ-เชียงใหม่	22.20	3	22.23 04.05

คำถาม : ถ้าต้องการเดินทางจากกรุงเทพ ไปเชียงใหม่ โดยใช้เวลา 05.00 น. จะต้องขึ้นขบวนรถใด

- ต้องขึ้นรถขบวนเลขขบวน 13 ด่วนพิเศษ
- ต้องขึ้นรถขบวนเลขขบวน 105 โดยขึ้นที่สถานีกรุงเทพ เวลา 20.10 น. ถึงเชียงใหม่ เวลา 04.36 น. และออกจากเชียงใหม่ เวลา 04.40 น. ถึงเชียงใหม่ เวลา 05.15 น.
- ต้องขึ้นรถขบวนเลขขบวน 7 สปรินเตอร์
- ต้องขึ้นรถขบวนเลขขบวน 51

นิสิตปฏิบัติ

นิสิตเขียนทางคณิตศาสตร์

นิสิตคำนวณหาพื้นที่ทางคณิตศาสตร์

คำนวณ	อัตรา	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ข้อควรระวังในการใช้สูตรหาพื้นที่ 4 มิติ คือ มิติของพื้นที่ 4 มิติ คือ มิติของพื้นที่ทางคณิตศาสตร์ การเขียนแบบและคำนวณพื้นที่ 4 มิติ คือ มิติของพื้นที่ทางคณิตศาสตร์ คือ การคำนวณ ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

นิสิตดำเนินการแล้วฉบับที่

ข้อที่ 6 เรื่อง การเขียนกราฟ

การเขียนกราฟและหาค่าความชันของเส้นตรงจากกราฟ

คำถาม : อธิบายว่า จุด (8, 64) หมายถึงอะไร

- 8 คือ ค่าแปรตาม ซึ่งในที่นี้คือ เวลา ในขณะที่ 64 คือ ค่าแปรตาม ซึ่งในที่นี้คือ ความสูงของบั้งไฟวัดจากพื้น ดังนั้น (8,64) จึงหมายถึง เมื่อเวลาผ่านไป 8 วินาทีหลังการยิง บั้งไฟขึ้นไปได้สูงสุด 64 เมตร
- 8 คือ ค่าแปรตาม ซึ่งในที่นี้คือ เวลา ในขณะที่ 64 คือ ค่าแปรตาม ซึ่งในที่นี้คือ ความสูงของบั้งไฟวัดจากพื้น ดังนั้น (8,64) จึงหมายถึง เมื่อเวลาผ่านไป 8 วินาทีหลังการยิง บั้งไฟขึ้นไปได้สูงสุด 64 เมตร
- (8,64) จึงหมายถึง เมื่อเวลาผ่านไป 8 นาที หลังการยิง บั้งไฟขึ้นไปได้สูงสุด 64 เมตร
- (8,64) จึงหมายถึง ความสูงของบั้งไฟ เมื่อเวลาผ่านไป 64 วินาที ขึ้นไปสูงแล้วตกลงมา ในเวลา 8 วินาที

นิสิตปฏิบัติ

นิสิตเขียนทางคณิตศาสตร์

นิสิตคำนวณหาพื้นที่ทางคณิตศาสตร์

คำนวณ	อัตรา	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ	คำนวณ
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ข้อควรระวังในการใช้สูตรหาพื้นที่ 4 มิติ คือ มิติของพื้นที่ 4 มิติ คือ มิติของพื้นที่ทางคณิตศาสตร์ การเขียนแบบและคำนวณพื้นที่ 4 มิติ คือ มิติของพื้นที่ทางคณิตศาสตร์ คือ การคำนวณ ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

[illegible]

มีลักษณะทางวัฒนธรรมและประเพณี	มีบริบท	มีเนื้อหาทางคณิตศาสตร์	มีความสอดคล้องกับคณิตศาสตร์																																	
ข้อที่ 10 เรื่อง การขึ้นคอกหลวงเชียงดาว คอกหลวงเชียงดาว เป็นองค์พระที่สวยงามและชื่อเสียงโด่งดังในจังหวัดเชียงใหม่  คำถาม คอกหลวงเชียงดาว เปิดให้คนขึ้นปีปเป็นขึ้นคอกคอกเฉพาะช่วงวันแรม 1 ค่ำเดือนเจียงใหม่ ถึง 28 กุมภาพันธ์ ของแต่ละปี ในช่วงเวลาดังกล่าวมีคนขึ้นปีปเดินขึ้นคอกหลวงเชียงดาว ประมาณ 6,000 คน โดยเฉลี่ยมีคนเดินขึ้นคอกหลวงเชียงดาว วันละประมาณกี่คน 1. 39 คน 2. 45 คน 3. 50 คน 4. 55 คน	<table> <tr> <td>ความรู้</td><td>อธิบาย</td><td>ศัพท์</td><td>วิธีหาคำตอบ</td><td>การเปลี่ยนแปลงและรวมสัมพันธ์</td><td>ปริมาณ</td><td>การไม่เปลี่ยนแปลงและข้อสรุป</td><td>สื่อและปฏิภาณ</td><td>ใช้คณิตศาสตร์</td><td>ไม่เหมาะสมทางคณิตศาสตร์</td><td>มีความสอดคล้องกับคณิตศาสตร์</td></tr> <tr> <td>✓</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>✓</td><td></td><td>✓</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	ความรู้	อธิบาย	ศัพท์	วิธีหาคำตอบ	การเปลี่ยนแปลงและรวมสัมพันธ์	ปริมาณ	การไม่เปลี่ยนแปลงและข้อสรุป	สื่อและปฏิภาณ	ใช้คณิตศาสตร์	ไม่เหมาะสมทางคณิตศาสตร์	มีความสอดคล้องกับคณิตศาสตร์	✓					✓		✓																ข้อสอบข้อนี้มีมิติที่สื่อการวัด 3 มิติ คือ มิติบริบทส่วนทั่ว มิติเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ปริมาณ มิติความสอดคล้องกับคณิตศาสตร์ คือ สื่อ/แปลงปัญหา
ความรู้	อธิบาย	ศัพท์	วิธีหาคำตอบ	การเปลี่ยนแปลงและรวมสัมพันธ์	ปริมาณ	การไม่เปลี่ยนแปลงและข้อสรุป	สื่อและปฏิภาณ	ใช้คณิตศาสตร์	ไม่เหมาะสมทางคณิตศาสตร์	มีความสอดคล้องกับคณิตศาสตร์																										
✓					✓		✓																													

[illegible]

ข้อที่ 13 เรื่อง การเดินทางของเจ็ดและโจ

ด้านเจ็ดและโจ เดินทางจากค่ายอพยพนี้ไปยังอีกค่ายหนึ่ง ซึ่งอยู่ห่างกัน 112 กิโลเมตร แม้จะได้ความเร็วในการเดินทางมากกว่า โจ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ก็ต้องออกเดินทางจากค่ายแรกพร้อมกันและ เจ็ด หยุดพัก ระหว่างทาง 3 ชั่วโมง 20 นาที แต่ โจ ไม่หยุดพัก ปรากฏว่าไปถึงค่ายที่สองพร้อมกัน



คำถาม จงหาความเร็วของการเดินทางของ เจ็ด และ โจ ตามลำดับ เป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง

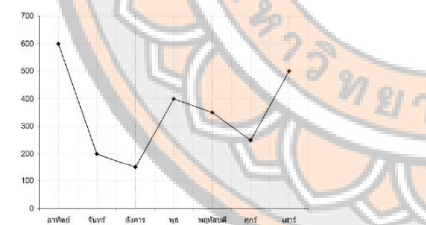
- 20 และ 10
- 22 และ 12
- 24 และ 14
- 28 และ 16

มิติสถานการณืและบริบท		มิติบริบท	มิติเนื้อหาทางคณิตศาสตร์	มิติความสามารถรู้ด้านคณิตศาสตร์
ความรู้	อาชีพ	สังคม	วิทยาศาสตร์	ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง
				การเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์
				ปริมาณ
				ความไม่แน่นอนและข้อมูล
				คิดแก้ปัญหา
				ใช้คณิตศาสตร์
				ใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
				มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

ข้อสอบข้อนี้ไม่มีสิ่งที่ต้องการวัด 4 มิติ คือ มิติบริบทส่วนตัว มิติเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ปริมาณ มิติความสามารถรู้ด้านคณิตศาสตร์ คือ คิด/แก้ปัญหา และใช้คณิตศาสตร์

ข้อที่ 14 เรื่อง บ้านนาไทย

การจำหน่ายบัตรชมการแสดงดนตรีของบ้านนาไทย ในช่วง 1 สัปดาห์



คำถาม ในการจำหน่ายบัตรชมการแสดงดนตรีของบ้านนาไทยนี้ นักเรียนจะอธิบายข้อมูลการจำหน่ายบัตรเข้าชมในแต่ละวันได้อย่างไรบ้าง

- ใน 1 สัปดาห์ มีการจำหน่ายบัตรชมการแสดงดนตรีรับเข้ามามีจำนวน 600 ใบ วันจันทร์ประมาณ 200 ใบ วันอังคารประมาณ 150 ใบ วันพุธประมาณ 400 ใบ วันพฤหัสบดีประมาณ 350 ใบ วันศุกร์ประมาณ 250 ใบ และวันเสาร์ประมาณ 500 ใบ
- ในการขายบัตรชมการแสดงดนตรีของบ้านนาไทย ในเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า มีการขายบัตรมากที่สุด วันเสาร์
- ในการขายบัตรชมการแสดงดนตรีของบ้านนาไทย ในเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า มีการขายบัตรในวันพฤหัสบดีน้อยที่สุด คือ 150 ใบ
- ใน 1 สัปดาห์ มีการจำหน่ายบัตรเข้าชมการแสดงดนตรีวัน ขายบัตรได้มากกว่า 100 ใบ

มิติสถานการณืและบริบท		มิติบริบท	มิติเนื้อหาทางคณิตศาสตร์	มิติความสามารถรู้ด้านคณิตศาสตร์
ความรู้	อาชีพ	สังคม	วิทยาศาสตร์	ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง
				การเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์
				ปริมาณ
				ความไม่แน่นอนและข้อมูล
				คิดแก้ปัญหา
				ใช้คณิตศาสตร์
				ใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
				มีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

ข้อสอบข้อนี้ไม่มีสิ่งที่ต้องการวัด 5 มิติ คือ มิติบริบทสังคม มิติเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ ความไม่แน่นอนและข้อมูล มิติความสามารถรู้ด้านคณิตศาสตร์ คือ ใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

สถานการณ์การวิ่งและขี่จักรยาน

ข้อที่ 18 เนื่อง บ้านอยู่ทางฝั่งทิศใต้

นที ประชา และปิติ มีบ้านอยู่ถนนสายเดียวกัน วันหนึ่งทั้งสองคนชวนกันขี่จักรยานไปซื้อของบ้านนทีจะไปหาประชาที่บ้านและเดินหาของเล่นในป่าบนฝั่งที่ทางทางเจ้าน้ำตก ถ้าบ้านของนทีอยู่ห่างจากบ้านของประชา $2\frac{1}{4}$ กิโลเมตร บ้านของประชาและปิติอยู่ห่างจากป่าทางเจ้าน้ำตก $3\frac{1}{2}$ และ $2\frac{1}{2}$ กิโลเมตรตามลำดับ

บ้านนที บ้านประชา บ้านปิติ ป่าทางเจ้าน้ำตก

$2\frac{1}{4}$ กม. $3\frac{1}{2}$ กม. $2\frac{1}{2}$ กม.

ข้อที่ 20 ถึงขยาโทรศัพท์

จากกราฟแสดงยอดขายโทรศัพท์รุ่น A และรุ่น B ของร้านค้าปลีกหนึ่ง ในทุก ๆ สัปดาห์ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน สามารถนำข้อมูลมาแสดงได้ดังกราฟต่อไปนี้

จำนวนโทรศัพท์ที่ขายได้

เดือน

ข้อสอบข้อนี้คือข้อสอบระดับ 4 มิติ คือ มิติบริบทเชิงจิต มิติเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ที่มี **มิติทางเวลา**ที่ค่อนข้างชัด คือ ให้ข้อมูลทางคณิตศาสตร์ และมีความเกี่ยวข้องกับมิติศาสตร์

ฝึกสอนการฝึกแบบบูรณาการ		ฝึกปฏิบัติ		ฝึกสอนเนื้อหาทางคณิตศาสตร์		ฝึกความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์	
ข้อที่ 22 ถึง ๒๒๒							
ในการทำการบ้านหรือสิ่งมาสอบ นักเรียนได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาหลายตัวของเซตต่างๆ ที่ประชาชนทั่วไปได้มี							
ข้อใดของเซต	ระยะเวลาที่กล่าวถึง						
เซตของนักเรียน	1-5 ปี						
เซตของครู	1-3 ปี						
กลุ่มสาระการเรียนรู้	0.5 ปี						
หมากฝรั่ง	20-25 ปี						
หนังสือพิมพ์	2-3 วัน						
ถ้วยพลาสติก	มากกว่า 100 ปี						
คำถาม นักเรียนคนใดคิดที่จะแสดงข้อมูลเหล่านี้เป็นแผนภูมิวงกลมให้เหตุผลหนึ่งข้อว่าทำไม							
แผนภูมิวงกลมจึงใช้เหมาะสมในการแสดงข้อมูลเหล่านี้							
1. ไม่เหตุผลที่ว่า เพราะข้อมูลมีการให้จำนวนที่เป็นเพียงร้อยละ							
2. ไม่เหตุผลที่ว่า ข้อมูลมีความแตกต่างกันมากเกินไปเพื่อแผนภูมิวงกลมไม่อยู่ในระดับนี้หรือเพราะสมการบนเส้นตรงของ							
ความแตกต่างของระยะทางหนึ่ง							
3. ไม่เหตุผลที่ว่า ข้อมูลนี้เหมาะที่จะนำมาใช้แสดงข้อมูลแบบอื่นเพราะแผนภูมิวงกลมเหมาะสำหรับข้อมูล							
4. ไม่เหตุผลที่ว่า ตารางข้อมูลนี้เหมาะที่จะแสดงแผนภูมิเส้นหรือแผนภูมิวงกลม							

แบบประเมินความพึงพอใจของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล
ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้ใช้งาน

ภาคผนวก ฉ ดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับเนื้อหาและความเหมาะสมองค์ประกอบตัวบ่งชี้
ของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์

ข้อ ที่	การพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปลผล
	ด้านบริบท	ด้านเนื้อหาทางคณิตศาสตร์	ด้านความฉลาดรู้ ด้านคณิตศาสตร์		
	-1	0	+1		
1	1	2	2	0.40	ตัดทิ้ง/ปรับปรุง
2	-	1	4	0.80	ใช้ได้
3	2	1	2	0.40	ตัดทิ้ง/ปรับปรุง
4	-	1	4	0.80	ใช้ได้
5	2	1	2	0.40	ตัดทิ้ง/ปรับปรุง
6	-	-	5	1.00	ใช้ได้
7	-	1	4	0.80	ใช้ได้
8	-	-	5	1.00	ใช้ได้
9	-	1	4	0.80	ใช้ได้
10	-	1	4	0.80	ใช้ได้
11	-	1	4	0.80	ใช้ได้
12	-	2	3	0.60	ใช้ได้
13	-	-	5	1.00	ใช้ได้
14	1	2	2	0.40	ตัดทิ้ง/ปรับปรุง
15	-	1	4	0.80	ใช้ได้
16	-	1	4	0.80	ใช้ได้
17	-	1	4	0.60	ใช้ได้
18	-	-	5	1.00	ใช้ได้
19	-	1	4	0.80	ใช้ได้
20	-	-	5	1.00	ใช้ได้
21	-	1	4	0.80	ใช้ได้
22	-	-	5	1.00	ใช้ได้
23	-	1	4	0.80	ใช้ได้
24	-	-	5	1.00	ใช้ได้
25	-	-	5	1.00	ใช้ได้
26	-	2	3	0.60	ใช้ได้

ข้อ ที่	การพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปลผล
	ด้านบริบท	ด้านเนื้อหาทางคณิตศาสตร์	ด้านความฉลาดรู้		
-1	0	+1			
27	-	1	4	0.80	ใช้ได้
28	-	1	4	0.80	ใช้ได้
29	-	1	4	0.80	ใช้ได้
30	-	-	5	1.00	ใช้ได้
31	-	-	5	1.00	ใช้ได้
32	-	-	5	1.00	ใช้ได้
33	-	1	4	0.80	ใช้ได้
34	-	1	4	0.80	ใช้ได้
35	-	2	3	0.60	ใช้ได้
36	-	1	4	0.80	ใช้ได้
37	-	-	5	1.00	ใช้ได้
38	2	1	2	0.40	ตัดทิ้ง/ปรับปรุง
39	-	-	5	1.00	ใช้ได้
40	-	1	4	0.80	ใช้ได้

ภาคผนวก ข คุณภาพของแบบทดสอบด้านค่าความยาก (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยกลุ่มทดลอง นักเรียน 30 คน

ข้อสอบ	P	r	ข้อสอบ	P	r
1	0.30	0.07	21	0.67	0.40
2	0.67	0.27	22	0.60	0.40
3	0.23	0.20	23	0.67	0.40
4	0.67	0.27	24	0.67	-0.13
5	0.33	0.13	25	0.63	0.33
6	0.70	0.07	26	0.63	0.33
7	0.67	0.00	27	0.67	0.27
8	0.73	0.27	28	0.63	0.33
9	0.70	0.33	29	0.67	0.27
10	0.67	0.27	30	0.67	0.27
11	0.57	0.33	31	0.70	0.33
12	0.90	-0.07	32	0.67	0.27
13	0.67	0.40	33	0.33	0.53
14	0.33	0.13	34	0.60	0.27
15	0.67	0.13	35	0.27	0.27
16	0.57	0.20	36	0.63	0.20
17	0.67	0.40	37	0.67	0.27
18	0.67	0.13	38	0.67	-0.13
19	0.67	0.40	39	0.37	0.33
20	0.67	0.40	40	0.67	0.40

ภาคผนวก ข การหาค่าองค์ประกอบเชิงยืนยันขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ด้วยโปรแกรม IRTPRO ผู้วิจัยวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบความฉลาดรู้ องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีการ วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) กับนักเรียนกลุ่มทดลอง

Model fit

Chi-square test

Model	X ²	df	p
Baseline model	859.609	435	
Factor model	398.451	405	.582

Note. The estimator is ML. The test statistic is standard. The standard error method is standard.

Factor loadings

Factor	Indicator	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval	
						Lower	Upper
Factor 1	I1	0.059	0.027	2.163	.031	0.006	0.113
	I2	0.088	0.027	3.218	.001	0.034	0.141
	I3	0.142	0.027	5.269	<.001	0.089	0.195
	I4	0.185	0.027	6.942	<.001	0.132	0.237
	I5	0.105	0.027	3.863	<.001	0.052	0.158
	I6	0.163	0.027	6.102	<.001	0.111	0.216
	I7	0.134	0.027	4.960	<.001	0.081	0.187
	I8	0.082	0.027	3.000	.003	0.028	0.135
	I9	0.111	0.027	4.095	<.001	0.058	0.164
	I10	0.120	0.027	4.450	<.001	0.067	0.173
	I11	0.144	0.027	5.366	<.001	0.092	0.197
	I12	0.141	0.027	5.233	<.001	0.088	0.194
	I13	0.060	0.027	2.201	.028	0.007	0.114
	I14	0.168	0.027	6.310	<.001	0.116	0.221
	I15	0.146	0.027	5.436	<.001	0.093	0.198
	I16	0.088	0.027	3.242	.001	0.035	0.141
	I17	0.118	0.027	4.366	<.001	0.065	0.171
	I18	0.159	0.027	5.925	<.001	0.106	0.211
	I19	0.115	0.027	4.229	<.001	0.061	0.168
	I20	0.135	0.027	5.014	<.001	0.082	0.187
	I21	0.131	0.027	4.859	<.001	0.078	0.184
	I22	0.089	0.027	3.261	.001	0.035	0.142
	I23	0.139	0.027	5.147	<.001	0.086	0.191
	I24	0.135	0.027	4.989	<.001	0.082	0.187
	I25	0.161	0.027	6.029	<.001	0.109	0.214
	I26	0.060	0.027	2.213	.027	0.007	0.114
	I27	0.135	0.027	5.019	<.001	0.082	0.188
	I28	0.146	0.027	5.453	<.001	0.093	0.198
	I29	0.170	0.027	6.381	<.001	0.118	0.222
	I30	0.144	0.027	5.341	<.001	0.091	0.196

Residual variances

Indicator	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval	
					Lower	Upper
I1	0.246	0.016	15.44	< .001	0.215	0.277
I2	0.242	0.016	15.32	< .001	0.211	0.273
I3	0.230	0.015	14.93	< .001	0.200	0.260
I4	0.216	0.015	14.43	< .001	0.186	0.245
I5	0.239	0.016	15.22	< .001	0.208	0.270
I6	0.223	0.015	14.70	< .001	0.193	0.253
I7	0.232	0.015	15.00	< .001	0.202	0.262
I8	0.243	0.016	15.35	< .001	0.212	0.274
I9	0.237	0.016	15.18	< .001	0.206	0.268
I10	0.235	0.016	15.11	< .001	0.205	0.266
I11	0.229	0.015	14.90	< .001	0.199	0.259
I12	0.230	0.015	14.94	< .001	0.200	0.260
I13	0.246	0.016	15.44	< .001	0.215	0.278
I14	0.221	0.015	14.64	< .001	0.191	0.250
I15	0.227	0.015	14.89	< .001	0.197	0.257
I16	0.241	0.016	15.32	< .001	0.211	0.272
I17	0.236	0.016	15.13	< .001	0.205	0.267
I18	0.225	0.015	14.75	< .001	0.195	0.255
I19	0.237	0.016	15.15	< .001	0.206	0.267
I20	0.230	0.015	14.99	< .001	0.200	0.260
I21	0.232	0.015	15.02	< .001	0.202	0.263
I22	0.242	0.016	15.31	< .001	0.211	0.273
I23	0.230	0.015	14.96	< .001	0.200	0.260
I24	0.232	0.015	14.99	< .001	0.202	0.262
I25	0.224	0.015	14.72	< .001	0.194	0.254
I26	0.246	0.016	15.44	< .001	0.215	0.277
I27	0.231	0.015	14.99	< .001	0.201	0.261
I28	0.226	0.015	14.88	< .001	0.197	0.256
I29	0.220	0.015	14.62	< .001	0.190	0.249
I30	0.229	0.015	14.91	< .001	0.199	0.259

Fit indices

Index	Value
Comparative Fit Index (CFI)	1.000
Tucker-Lewis Index (TLI)	1.017
Bentler-Bonett Non-normed Fit Index (NNFI)	1.017
Bentler-Bonett Normed Fit Index (NFI)	0.536
Parsimony Normed Fit Index (PNFI)	0.499
Bollen's Relative Fit Index (RFI)	0.502
Bollen's Incremental Fit Index (IFI)	1.014
Relative Noncentrality Index (RNI)	1.015

Other fit measures

Metric	Value
Root mean square error of approximation (RMSEA)	0.000
RMSEA 90% CI lower bound	0.000
RMSEA 90% CI upper bound	0.015
RMSEA p-value	1.000
Standardized root mean square residual (SRMR)	0.037
Hoelter's critical N ($\alpha = .05$)	550.030
Hoelter's critical N ($\alpha = .01$)	575.744
Goodness of fit index (GFI)	0.971
McDonald fit index (MFI)	1.007
Expected cross validation index (ECVI)	1.198

R²

I1	0.014
I2	0.031
I3	0.080
I4	0.136
I5	0.044
I6	0.107
I7	0.072
I8	0.027
I9	0.049
I10	0.058
I11	0.083
I12	0.079
I13	0.014
I14	0.114
I15	0.085
I16	0.031
I17	0.056
I18	0.101
I19	0.052
I20	0.073
I21	0.069
I22	0.031
I23	0.077
I24	0.072
I25	0.104
I26	0.015
I27	0.073
I28	0.086
I29	0.116
I30	0.083

ภาคผนวก ณ เอกสารแนวทางการใช้แอปพลิเคชัน



เป้าหมาย

Platform การพัฒนาแบบวัดความรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการใช้ข้อมูลย้อนกลับ

- เพื่อพัฒนาแบบวัดความรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ ในรูปแบบแอปพลิเคชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการใช้ข้อมูลย้อนกลับและสามารถนำไปใช้ในการประเมินผลและพัฒนาระบบ
- เพื่อศึกษาความเหมาะสมของแบบวัดความรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติในรูปแบบแอปพลิเคชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการใช้ข้อมูลย้อนกลับ

ประโยชน์ของ Platform การพัฒนาแบบวัดความรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการใช้ข้อมูลย้อนกลับ

1. ได้ศึกษาความรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ ในรูปแบบแอปพลิเคชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการใช้ข้อมูลย้อนกลับ ในการวัดผลความรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับความต้องการของนักเรียน และครูผู้สอนได้ใช้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงและพัฒนา

2. ได้ทราบถึงข้อดี ข้อเสีย และข้อควรระวังในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมความรู้ด้านคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนได้จากการวัดผลความรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน ด้วยแบบวัดความรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติในรูปแบบแอปพลิเคชัน และได้นำไปใช้ในการพัฒนาความรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

วิธีการใช้งานสำหรับนักเรียน

Platform การพัฒนาแบบวัดความรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. เข้าไปที่ Link <http://mtest.chapleyber.mse.v/index.php...> หรือ QR Code
2. จะเข้าสู่เว็บไซต์ ดังนี้ จากนั้นให้นักเรียน คลิกไปที่ 1

3. จากนั้นให้นักเรียนเข้าสู่เว็บไซต์ โดยกรอก Username และ Password แล้วคลิกปุ่ม Login

4. นักเรียนกรอกค่าจากแบบวัดความรู้ด้านคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ แล้วคลิกปุ่ม Login และกรอก User และ Password ได้ทันที

5. หลังจากนักเรียนกรอก User และ Password เสร็จแล้ว ให้นักเรียนเข้าไปในระบบของแอปพลิเคชันนี้ จะขึ้นหน้าจอหลัก

3

6. ให้นักเรียนเข้าระบบ login ด้วย User และ Password ตามที่ได้รับอนุมัติ ตัวอย่าง
เด็กหญิงน้ำใจ ใจดี User: std27@123.com Password : 1234



7. เมื่อนักเรียนทราบ User และ Password ให้นักเรียน login ตามรายละเอียด 1 คีย์ และ
กรอกรหัสผ่าน 2 จากนั้นให้นักเรียนกด login เป็นอันเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว

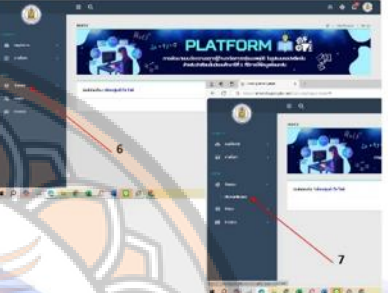


4

8. หน้าเว็บไซต์ จะเป็น ชื่อของนักเรียนตามที่ Login เข้ามาในระบบ คีย์ จากนั้นให้นักเรียนไปที่
รายละเอียด 3 คลิกที่เมนูข้อมูล และกดที่เอกสารข้อมูล

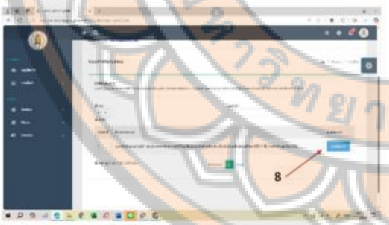


6



7

9. จากนั้น ให้นักเรียนดูรายชื่อเอกสาร ให้นักเรียน กดเลือก คำนวณค่า ตาม 1 จากนั้นให้นักเรียน
พิมพ์ข้อมูล จำนวน 30 ครั้ง ในรูปแบบของส่วน ตามรายละเอียด 2



8



9

10. เมื่อนักเรียนทำครบทุกข้อ 1 ถึง 8 ระบบจะเปลี่ยนไปเป็นหน้าจอ และจะแสดงคะแนนให้นักเรียน
ทราบและแสดงข้อมูลเกี่ยวกับคะแนนที่นักเรียนทำได้อีกด้วย



คะแนนการทำงานแบบทดสอบ
คะแนนเต็ม 30 คะแนน
นักเรียนได้ 29 คะแนน

ผลการประเมินผลตามจุดประสงค์

1. คิดคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละจากผลสัมฤทธิ์ได้ = 95.45
2. ไม่สอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดผลสัมฤทธิ์ได้ = 94.12
3. ไม่สอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดผลสัมฤทธิ์ได้ = 100
4. สอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดผลสัมฤทธิ์ได้ = 100



นางสาวปาริณี แก้วมา

ภาคผนวก ญ ผลการทำแบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล
ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ที่	name	คะแนน	z-score	t-score	คิด	z-score	t-score	ได้	z-score	t-score	พหุ	z-score	t-score	ความ	z-score	t-score
1	ค.ส. บัณฑิต เล้าพันธ์	14	-0.04051	49.59489913	45.45	0.0272754	50.27275399	47.06	0.296786696	52.96786696	66.67	0.613175866	56.13175866	40	-0.641643774	43.38356226
2	ค.ส. กัมพลเดช โดมศรี	27	2.509493	75.09493262	90.91	2.55899995	75.58999953	88.24	2.550325566	75.50325566	88.89	1.655621229	66.53621229	90	1.700865241	67.00865241
3	ค.ญ. อรุณดา พลสาร	11	-0.62897	43.71027602	31.82	-0.7317964	42.6803562	17.65	-1.312649393	36.87350607	55.56	0.092953184	50.92953184	50	-0.173141971	48.26858029
4	ค.ญ. สิริยากร นนุช	14	-0.04051	49.59489913	45.45	0.0272754	50.27275399	35.29	-0.347316084	45.52683916	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
5	ค.ญ.วีรวัฒน์ สุวรรณาค	11	-0.62897	43.71027602	27.27	-0.9651917	40.1480342	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
6	ค.ญ. กนกพิชชา พิลาสูงเนิน	27	2.509493	75.09493262	90.91	2.55899995	75.58999953	88.24	2.550325566	75.50325566	88.89	1.655621229	66.53621229	90	1.700865241	67.00865241
7	ค.ญ. พงษ์สืบ มณีภิรมย์	19	0.94026	59.40260432	77.27	1.7993712	67.90371204	70.59	1.584445016	65.84445016	44.44	-0.42773774	45.7262256	50	-0.173141971	48.26858029
8	ค.ญ. ณัฐธิดา มโนทัยเจริญ	28	2.705647	77.05647366	90.91	2.55899995	75.58999953	88.24	2.550325566	75.50325566	100	2.17384391	71.7384391	100	2.169367044	71.69367044
9	ค.ญ. ณัฐธิดา สอนัว	13	-0.23666	47.6333381	36.36	-0.4789581	45.2104187	23.53	-0.990871624	40.09128376	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295359832	52.95359832
10	ค.ญ. กัญญาพัชญ์ สุภรัตน์	20	1.136415	61.36414536	72.73	1.5465329	65.46532896	64.71	1.26676246	62.6676246	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.23263438	62.3263438
11	ค.ญ. อัครธิดา พงษ์ทอง	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.6803562	17.65	-1.312649393	36.87350607	44.44	-0.42773774	45.7262256	50	-0.641643774	43.38356226
12	ค.ส. ทราเชน ขวัญวงศ์	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	23.53	-0.990871624	40.09128376	44.44	-0.42773774	45.7262256	50	-0.173141971	48.26858029
13	ค.ญ. กัญญาพัชร รอดมาตุ	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	23.53	-0.990871624	40.09128376	44.44	-0.42773774	45.7262256	50	-0.173141971	48.26858029
14	ค.ส. กุชชา นุสเศรษฐี	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.6803562	35.29	-0.347316084	45.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	30	-1.110145576	38.89854424
15	ค.ญ. เมธิกา พังสุธ	12	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	29.41	-0.66903854	43.30906146	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
16	ค.ส. จารุเดช จังพิณกุล	15	0.155644	51.55644017	54.55	0.53406584	55.34063839	52.94	0.618564466	56.18564466	55.56	0.092953184	50.92953184	40	-0.641643774	43.38356226
17	ค.ส. ไชยวัฒน์ มั่นภักดี	14	-0.04051	49.59489913	50	0.28067062	52.80670619	41.18	-0.024991074	49.75008926	22.22	-1.46818311	35.31816893	30	-1.110145576	38.89854424
18	ค.ญ. อารยา พิเศษ	12	-0.43282	45.67181706	50	0.28067062	52.80670619	41.18	-0.024991074	49.75008926	22.22	-1.46818311	35.31816893	30	-1.110145576	38.89854424
19	ค.ส. กานต์วัฒน์ ปุฒา	13	-0.23666	47.6333381	40.91	-0.2255629	47.74437091	47.06	0.296786696	52.96786696	55.56	0.092953184	50.92953184	40	-0.641643774	43.38356226
20	ค.ญ. อารวรรณ กุมาล	20	1.136415	61.36414536	63.64	1.04029937	60.40299368	52.94	0.618564466	56.18564466	88.89	1.655621229	66.53621229	70	0.763861635	57.63861635
21	ค.ส.สุวิธ สีนาค	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.66903854	43.30906146	44.44	-0.42773774	45.7262256	50	-0.173141971	48.26858029
22	ค.ญ. ธนัญญา ไชใหญ่	28	2.705647	77.05647366	90.91	2.55899995	75.58999953	88.24	2.550325566	75.50325566	100	2.17384391	71.7384391	100	2.169367044	71.69367044
23	ค.ญ. เวรินทร์พร ดงดิษฐ์	13	-0.23666	47.6333381	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	45.52683916	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
24	ค.ส. ธนดล พันธุ์พิช	18	0.744106	57.44106328	63.64	1.04029937	60.40299368	52.94	0.618564466	56.18564466	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295359832	52.95359832
25	ค.ส. เอกพิชัย อภิสิทธิ์ภาคภูมิ	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.66903854	43.30906146	44.44	-0.42773774	45.7262256	60	0.295359832	52.95359832
26	ค.ส. พิสุทธิพร อังสาแสง	12	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	45.52683916	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
27	ค.ญ. อารยา ธนศักดิ์ศรี	13	-0.23666	47.6333381	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.75008926	44.44	-0.42773774	45.7262256	50	-0.173141971	48.26858029
28	ค.ส. ปุณณิพัฒน์ ไชยสีทา	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.6803562	35.29	-0.347316084	45.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	30	-1.110145576	38.89854424
29	ค.ญ. กิ่งกาน ลาภามรย์	12	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	23.53	-0.990871624	40.09128376	33.33	-0.94796043	40.52039574	60	0.295359832	52.95359832
30	ค.ส. ธนกร สาร	8	-1.21743	37.82545291	27.27	-0.9651917	40.1480342	23.53	-0.990871624	40.09128376	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.38356226
31	น.ส. จาณิศา ปันธุริคมาตุ	17	0.547952	55.47952225	54.55	0.53406584	55.34063839	41.18	-0.024991074	49.75008926	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
32	ค.ส. ธนัทธกร ศรีวัช	18	0.744106	57.44106328	63.64	1.04029937	60.40299368	58.82	0.940342235	59.40342235	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
33	ค.ส. กุชชณ อิ่มทรัพย์มา	28	2.705647	77.05647366	90.91	2.55899995	75.58999953	88.24	2.550325566	75.50325566	100	2.17384391	71.7384391	100	2.169367044	71.69367044
34	น.ส. สิริวิญญา จันทรฤทธิ์	16	0.351798	53.51798121	40.91	-0.2255629	47.74437091	29.41	-0.66903854	43.30906146	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.23263438	62.3263438

35	ด.ช. พงษ์ธร อัครวิจิตรภักดิ์	12	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295359832	52.295359832
36	นายอธิวัฒน์ สนิทวาสนา	19	0.94026	59.40260432	63.64	1.0402937	60.4099368	52.94	0.618564466	56.18564466	77.78	1.133398547	61.333398547	70	0.763861635	57.63861635
37	น.ส. ปวีณา สิริทรวง	17	0.547922	55.47952225	54.55	0.33406384	55.34065839	47.06	0.296786696	52.96786696	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
38	น.ส. สุภาดา โพธิ์งาม	14	-0.04051	49.59489913	50	0.28067062	52.80670619	47.06	0.296786696	52.96786696	44.44	-0.42773774	45.72262256	60	0.295359832	52.295359832
39	น.ส. อมรสิริ สือภา	18	0.744106	57.44106328	45.45	0.0272154	50.27215399	41.18	-0.024991074	49.7508926	88.89	1.653621229	66.53621229	80	1.232363438	62.32363438
40	น.ส. พงษ์นภา ขัตติจิตร	16	0.351798	53.51798121	45.45	0.0212754	50.21275399	29.41	-0.669093854	43.30906146	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
41	น.ส. อัญญา แก้วกันทา	16	0.351798	53.51798121	54.55	0.33406384	55.34065839	47.06	0.296786696	52.96786696	44.44	-0.42773774	45.72262256	70	0.763861635	57.63861635
42	น.ส. สรวิพร สิริใจคำพัน	12	-0.43282	45.67181706	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	66.67	0.613175866	56.13175866	50	-0.173141971	48.26858029
43	ด.ญ. อัญญาธิมพ์ เทพา	12	-0.43282	45.67181706	27.27	-0.9851917	40.14808342	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.92953184	50	-0.173141971	48.26858029
44	น.ส. ปาริวันท์ จันโอต	14	-0.04051	49.59489913	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.7508926	77.78	1.133398547	61.333398547	50	-0.173141971	48.26858029
45	น.ส. ณัฐาดี พุ่มกลาง	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	66.67	0.613175866	56.13175866	50	-0.173141971	48.26858029
46	นายอิทธิพล คำโหว	12	-0.43282	45.67181706	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	66.67	0.613175866	56.13175866	50	-0.173141971	48.26858029
47	น.ส. จิรัชญา ศรีสุข	13	-0.23666	47.6333581	36.36	-0.4789581	45.2104187	23.53	-0.990871624	40.09128376	77.78	1.133398547	61.333398547	60	0.295359832	52.295359832
48	นายสุภัทรา พงศ์	8	-1.21743	37.82565291	18.18	-1.4914252	35.08574814	11.76	-1.634974404	33.6505596	44.44	-0.42773774	45.72262256	30	-1.110145576	38.89854424
49	ด.ช. เตชเดช	11	-0.62897	43.71027602	27.27	-0.9851917	40.14808342	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.92953184	40	-0.641643774	43.58356226
50	น.ส. รุจิรา อุบลรัตน์	16	0.351798	53.51798121	54.55	0.33406384	55.34065839	47.06	0.296786696	52.96786696	66.67	0.613175866	56.13175866	40	-0.641643774	43.58356226
51	น.ส. นรรัตน์ จัสพงษ์พร	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	47.06	0.296786696	52.96786696	44.44	-0.42773774	45.72262256	40	-0.641643774	43.58356226
52	น.ส. พงษ์ทิพย์	7	-1.41359	35.86411187	13.64	-1.7442635	32.35736506	17.65	-1.312649393	36.87350607	55.56	0.092953184	50.92953184	30	-1.110145576	38.89854424
53	ด.ญ. นันทิการ์ นิลธนา	7	-1.41359	35.86411187	22.73	-1.23803	37.61970034	17.65	-1.312649393	36.87350607	22.22	-1.46818311	35.31816893	20	-1.578647379	34.21352621
54	น.ส. พัญญา	8	-1.21743	37.82565291	18.18	-1.4914252	35.08574814	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	30	-1.110145576	38.89854424
55	นายเทพพร	11	-0.62897	43.71027602	31.82	-0.7317964	42.68203562	41.18	-0.024991074	49.7508926	44.44	-0.42773774	45.72262256	30	-1.110145576	38.89854424
56	ด.ช. พงษ์วิเศษ สุวรรณประทีป	9	-1.02128	39.78719395	13.64	-1.7442635	32.35736506	17.65	-1.312649393	36.87350607	55.56	0.092953184	50.92953184	40	-0.641643774	43.58356226
57	น.ส. ผา	9	-1.02128	39.78719395	22.73	-1.23803	37.61970034	17.65	-1.312649393	36.87350607	44.44	-0.42773774	45.72262256	20	-1.578647379	34.21352621
58	นายจุติพรสุข ธนะชัยวัฒน์	9	-1.02128	39.78719395	27.27	-0.9851917	40.14808342	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	20	-1.578647379	34.21352621
59	น.ส. อัญญา จงจรัสพิณ	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.7508926	77.78	1.133398547	61.333398547	50	-0.173141971	48.26858029
60	นายธันกร วังศรี	13	-0.23666	47.6333581	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.72262256	70	0.763861635	57.63861635
61	นายณัฐพร ธนาชัย	14	-0.04051	49.59489913	50	0.28067062	52.80670619	41.18	-0.024991074	49.7508926	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.295359832
62	นายณวัฒน์ พันธ์พัฒนาโช	16	0.351798	53.51798121	50	0.28067062	52.80670619	41.18	-0.024991074	49.7508926	55.56	0.092953184	50.92953184	80	1.232363438	62.32363438
63	น.ส. จักรีย์ ศรีนาคี	15	0.155644	51.55644017	45.45	0.0272154	50.27215399	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.72262256	70	0.763861635	57.63861635
64	นายชินนสิป ทวีพงษ์พร	11	-0.62897	43.71027602	22.73	-1.23803	37.61970034	29.41	-0.669093854	43.30906146	55.56	0.092953184	50.92953184	50	-0.173141971	48.26858029
65	น.ส. อิกา ศรีสุทธร	13	-0.23666	47.6333581	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	55.56	0.092953184	50.92953184	80	1.232363438	62.32363438
66	นายเพชรรัตน์ ตระการนวัฒน์	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.7508926	55.56	0.092953184	50.92953184	50	-0.173141971	48.26858029
67	ด.ญ. นภัณ แฉ้ว	13	-0.23666	47.6333581	36.36	-0.4789581	45.2104187	41.18	-0.024991074	49.7508926	44.44	-0.42773774	45.72262256	60	0.295359832	52.295359832
68	นายอภิสิทธิ์ สุนเดนาชัย	8	-1.21743	37.82565291	27.27	-0.9851917	40.14808342	23.53	-0.990871624	40.09128376	22.22	-1.46818311	35.31816893	20	-1.578647379	34.21352621
69	นายณรภัฏช์ นนไฟจิตร	12	-0.43282	45.67181706	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	77.78	1.133398547	61.333398547	50	-0.173141971	48.26858029

105	นายปานทิพย์ วสันต์รุ่งภา	14	-0.04051	49.59489913	36.36	-0.4789581	45.014187	47.06	0.296786696	52.96786696	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295359832	52.95359832
106	นส. ชนาพรน บุษยณ	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.75008926	66.67	0.613175866	56.13175866	40	-0.641643774	43.58356226
107	นส. นัทธิดา ธฤตารัตน์พิฐ	13	-0.23666	47.6333581	45.45	0.0272754	50.27275399	52.94	0.618564466	56.18564466	44.44	-0.4273774	45.7262256	40	-0.641643774	43.58356226
108	นส. อรุณี ศิริสุบิม	20	1.136415	61.36414536	63.64	1.04029937	60.40293968	64.71	1.28267246	62.6267246	77.78	1.133398547	61.3398547	70	0.763861635	57.63861635
109	นส. สดกนั	13	-0.23666	47.6333581	45.45	0.0272754	50.27275399	52.94	0.618564466	56.18564466	55.56	0.092953184	50.2953184	30	-1.110145576	38.89854424
110	นายศิริวิทย์ วิฑูรย์ปรีชญ์	19	0.94026	59.40260432	59.09	0.78690415	57.86904147	58.82	0.940342235	59.40342235	77.78	1.133398547	61.3398547	70	0.763861635	57.63861635
111	นส.สินี ยารยณณ	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.75008926	66.67	0.613175866	56.13175866	40	-0.641643774	43.58356226
112	นายณิธร ศรีรัตนกร	14	-0.04051	49.59489913	50	0.28067062	52.80670619	52.94	0.618564466	56.18564466	55.56	0.092953184	50.2953184	40	-0.641643774	43.58356226
113	นส. จิตธรา หัตถณนโพธิ	24	1.921081	69.21030951	81.82	2.05276642	70.52766424	70.59	1.584445016	65.8445016	88.89	1.653621229	66.53621229	80	1.232363438	62.32363438
114	ค.ช. อุษาพร พันธิม	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.75008926	55.56	0.092953184	50.2953184	30	-1.110145576	38.89854424
115	นส. กนกกร อุบลรตถ	16	0.351798	53.51798121	50	0.28067062	52.80670619	52.94	0.618564466	56.18564466	77.78	1.133398547	61.3398547	50	-0.173141971	48.26858029
116	นส.ณวัชร แสงวัง	20	1.136415	61.36414536	63.64	1.04029937	60.40293968	70.59	1.584445016	65.8445016	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
117	นายณัฐ พันธม	11	-0.62897	43.71027602	27.27	-0.9851917	40.14808342	29.41	-0.669093854	43.30906146	55.56	0.092953184	50.2953184	40	-0.641643774	43.58356226
118	นส. กนกลักษณ์ ยมแก้ว	11	-0.62897	43.71027602	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	44.44	-0.4273774	45.7262256	50	-0.173141971	48.26858029
119	นส. กฤษฎาภัสร์ พันธิศรี	14	-0.04051	49.59489913	45.45	0.0272754	50.27275399	47.06	0.296786696	52.96786696	44.44	-0.4273774	45.7262256	70	0.763861635	57.63861635
120	นส. เกตุณ ทนพิลา	9	-1.02128	39.78719395	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	10	-2.047140182	29.52850818
121	นส. ชุภรณี จำปา	20	1.136415	61.36414536	59.09	0.78690415	57.86904147	58.82	0.940342235	59.40342235	55.56	0.092953184	50.2953184	80	1.232363438	62.32363438
122	นส. สุภัตตรา พัดทอง	16	0.351798	53.51798121	36.36	-0.4789581	45.014187	23.53	-0.990871624	40.09128376	100	2.17884391	71.7884391	100	2.169367044	71.69367044
123	นส. วิษุตา ธนณณรติศา	16	0.351798	53.51798121	50	0.28067062	52.80670619	58.82	0.940342235	59.40342235	55.56	0.092953184	50.2953184	50	-0.173141971	48.26858029
124	นส. ปวีณาช โสธา	17	0.547952	55.47952225	54.55	0.53406584	55.34065839	41.18	-0.024991074	49.75008926	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295359832	52.95359832
125	นส. ศิริพราร วัฒนานนท์	17	0.547952	55.47952225	54.55	0.53406584	55.34065839	58.82	0.940342235	59.40342235	55.56	0.092953184	50.2953184	60	0.295359832	52.95359832
126	นส. ชนาพร ธิมม	24	1.921081	69.21030951	77.27	1.7993712	67.99371204	94.12	2.872103335	78.72103335	77.78	1.133398547	61.3398547	50	-0.173141971	48.26858029
127	นส. ชนิดา ศรีกนกนุภา	16	0.351798	53.51798121	45.45	0.0272754	50.27275399	35.29	-0.347316084	46.52683916	88.89	1.653621229	66.53621229	70	0.763861635	57.63861635
128	นส. ชนิดา เชนกการกิจ	23	1.724877	67.24876847	81.82	2.05276642	70.52766424	70.59	1.584445016	65.8445016	77.78	1.133398547	61.3398547	70	0.763861635	57.63861635
129	นส. สลิทิพย์ จังจิณัฐกิจ	12	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	29.41	-0.669093854	43.30906146	44.44	-0.4273774	45.7262256	60	0.295359832	52.95359832
130	นส. วรัญญา อังวงษ์พิสัย	17	0.547952	55.47952225	54.55	0.53406584	55.34065839	58.82	0.940342235	59.40342235	55.56	0.092953184	50.2953184	60	0.295359832	52.95359832
131	นายสุตรณ คาทิ	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.68203562	35.29	-0.347316084	46.52683916	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.58356226
132	นายธิเบศร์ พนธิม	17	0.547952	55.47952225	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.232363438	62.32363438
133	นส. สมชกา สิริธรรมาร	7	-1.41359	35.86411187	27.27	-0.9851917	40.14808342	29.41	-0.669093854	43.30906146	22.22	-1.46818311	35.31816893	10	-2.047140182	29.52850818
134	นส. ปิฎกธรรณ กิตติวงศ์โรจน์	11	-0.62897	43.71027602	27.27	-0.9851917	40.14808342	29.41	-0.669093854	43.30906146	77.78	1.133398547	61.3398547	50	-0.173141971	48.26858029
135	นส. ปภาดา เจริญทอง	12	-0.43282	45.67181706	36.36	-0.4789581	45.014187	22.41	-0.669093854	43.30906146	55.56	0.092953184	50.2953184	50	-0.173141971	48.26858029
136	นส. ณัฏฐณัฏ วิชัยธนาศิริงาม	16	0.351798	53.51798121	50	0.28067062	52.80670619	41.18	-0.024991074	49.75008926	66.67	0.613175866	56.13175866	50	-0.173141971	48.26858029
137	นส. นวัชร วัฒนศิริบรรพ	16	0.351798	53.51798121	50	0.28067062	52.80670619	52.94	0.618564466	56.18564466	55.56	0.092953184	50.2953184	40	-0.641643774	43.58356226
138	ค.ญ. สุภากรณ เว็นแก้วมณี	16	0.351798	53.51798121	45.45	0.0272754	50.27275399	52.94	0.618564466	56.18564466	44.44	-0.4273774	45.7262256	50	-0.173141971	48.26858029
139	นส. กิตยาภรณ์ ปาตถกิต	12	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.4273774	45.7262256	40	-0.641643774	43.58356226

140	นส. กิตติพร วิมานโพธิ์	0.155644	51.55644017	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.75008926	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295559832	52.95559832
141	นส. กฤษฎา ร้อยอชาย	0.547952	55.47952225	54.55	0.53406584	55.34055839	41.18	-0.024991074	49.75008926	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295559832	52.95559832
142	นายณัฏฐ์ นวนธินันต์	0.547952	55.47952225	54.55	0.53406584	55.34055839	41.18	-0.024991074	49.75008926	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295559832	52.95559832
143	นายเสกสรรค์ ศุภะกุล	-0.04051	49.59489913	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	77.78	1.133398547	61.33398547	60	0.295559832	52.95559832
144	นส. สุจิตรา ปราบขุนศรี	0.351798	53.51798121	54.55	0.53406584	55.34055839	41.18	-0.024991074	49.75008926	55.56	0.092953184	50.2953184	50	-0.173141971	48.26858029
145	นส. นานัน โพรญสุต	0.351798	53.51798121	54.55	0.53406584	55.34055839	41.18	-0.024991074	49.75008926	55.56	0.092953184	50.2953184	50	-0.173141971	48.26858029
146	นายพิฑา เลิศชัยพร	1.921031	69.21030951	77.27	1.7993712	67.9371204	94.12	2.672103335	78.72103335	77.78	1.133398547	61.33398547	50	-0.173141971	48.26858029
147	นายวัน เวียงหาญกุล	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.72262256	40	-0.641643774	43.58556226
148	นายสนั่น เอื้อยา	0.547952	55.47952225	54.55	0.53406584	55.34055839	41.06	0.296786696	52.9786696	77.78	1.133398547	61.33398547	50	-0.173141971	48.26858029
149	นายสมลักษณ์ นพาทักษ์	-0.04051	49.59489913	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	88.89	1.653621229	66.53621229	60	0.295559832	52.95559832
150	นส. ธนวัฒน์ อรณภิกาว	-0.82513	41.74873498	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.173141971	48.26858029
151	นส. ประวีร์ โพรญสุต	1.528723	65.28722743	68.18	1.29313768	62.93137676	76.47	1.904222785	69.04222785	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295559832	52.95559832
152	นส. จิราวรรณ แซ่ตั้ง	-0.43282	45.67181706	36.36	-0.4789581	45.2104187	41.18	-0.024991074	49.75008926	44.44	-0.42773774	45.72262256	40	-0.641643774	43.58556226
153	นายประพันธ์ คุณารักษ์	-1.21743	37.82565291	31.82	-0.7317964	42.88203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	11.11	-1.98840579	30.11594211	20	-1.578647379	34.21352621
154	นายพพร บุญพ	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	41.18	-0.024991074	49.75008926	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58556226
155	นส. ฉัตรวิทย์ วงศ์นพวรรณ	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.75008926	44.44	-0.42773774	45.72262256	40	-0.641643774	43.58556226
156	นายบุญช่วย อพพรอม	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58556226
157	นส. จันทา บุญสอน	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	29.41	-0.669093854	43.30906146	55.56	0.092953184	50.2953184	60	0.295559832	52.95559832
158	นส. พิมพ์ทอง นนทิวิมลกุล	-0.23666	47.6333381	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	66.67	0.613175866	56.13175866	50	-0.173141971	48.26858029
159	นส. วราภรณ์ สุดลาภบุษ	0.155644	51.55644017	54.55	0.53406584	55.34055839	47.06	0.296786696	52.9786696	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.58556226
160	นส. สุชาติ ตราทองชัย	-0.43282	45.67181706	45.45	0.0272754	50.72715999	41.18	-0.024991074	49.75008926	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.58556226
161	นายปิณฑ ศิริการเมต	-0.43282	45.67181706	31.82	-0.7317964	42.88203562	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.72262256	40	-0.641643774	43.58556226
162	นส. จินดาวร จงพานไพร	2.313339	73.13339158	81.82	2.05276642	70.92766424	88.24	2.550325566	76.50325566	88.89	1.653621229	66.53621229	90	1.700865241	67.00865241
163	นายฤทธิชัย ขาญชัยบุญ	-0.04051	49.59489913	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	55.56	0.092953184	50.2953184	70	0.763861635	57.63861635
164	นส. ภัทรมณ ดิลกโรจน์	-0.23666	47.6333381	50	0.28067082	52.0670619	47.06	0.296786696	52.9786696	11.11	-1.98840579	30.11594211	40	-0.641643774	43.58556226
165	นส. พุฒิก ศรีงามดี	-1.60974	33.90557084	13.64	-1.7442635	32.5576506	23.53	-0.990871624	40.09128376	33.33	-0.94796043	40.52039574	30	-1.110145576	38.89854424
166	นายฐานันต์ ศรีจันทร์	-1.02128	39.78719395	27.27	-0.9181917	40.14808342	17.65	-1.312649393	36.87359007	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58556226
167	นส. นันทวัฒน์ น้อยดี	-0.62897	43.71027602	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.58556226
168	นส. วิภากร ไชยอินทร์	-0.82513	41.74873498	40.91	-0.2255629	47.74437091	29.41	-0.669093854	43.30906146	22.22	-1.46818311	35.31816893	30	-1.110145576	38.89854424
169	นส. ศิริลักษณ์ อินา	-0.43282	45.67181706	50	0.28067082	52.0670619	41.18	-0.024991074	49.75008926	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.58556226
170	นายโชน วัฒนชัยภัทร	0.155644	51.55644017	59.09	0.78690015	57.86904147	52.94	0.618564466	61.8564466	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58556226
171	นายปิณฑ ธรรมสงอน	-0.43282	45.67181706	45.45	0.0272754	50.72715999	41.18	-0.024991074	49.75008926	11.11	-1.98840579	30.11594211	40	-0.641643774	43.58556226
172	นายวิจิตร เหวื่อนนาค	0.155644	51.55644017	59.09	0.78690015	57.86904147	58.82	0.940342235	59.40342235	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.58556226
173	นส. อธิวัฒน์ คงลายศรี	-1.02128	39.78719395	31.82	-0.7317964	42.88203562	35.29	-0.347316084	46.52683916	22.22	-1.46818311	35.31816893	10	-2.047149182	29.52859818
174	นส. อนันท์	-0.62897	43.71027602	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.75008926	22.22	-1.46818311	35.31816893	20	-1.578647379	34.21352621

175	น.ส.สุพชาษา วัฒนสุรพินา	12	-0.43282	45.67181706	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.660903854	43.3096146	44.44	-0.42737374	45.7226256	40	-0.641643774	43.58356226
176	น.ส.โสธิตา โพธิ์ประเสริฐโชด	13	-0.23666	47.6333581	50	0.28067062	52.86670619	47.06	0.296786696	52.96786696	44.44	-0.42737374	45.7226256	40	-0.641643774	43.58356226
177	น.ส.กิตยา สารมาลี	12	-0.43282	45.67181706	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	55.56	0.092953184	50.9293184	60	0.205359832	52.9359832
178	น.ส.จิตา โพธิ์ประเสริฐโชด	12	-0.43282	45.67181706	45.45	0.0272754	50.2727599	35.29	-0.347316084	46.52683916	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.58356226
179	นายณานนท์ ส่วนมาทอง	7	-1.41359	35.86411187	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.660903854	43.3096146	0	-2.5082847	24.9137153	10	-2.047149182	29.52850818
180	น.ส.โจษวัฒน์ ทองแดง	11	-0.62897	43.71027602	40.91	-0.255629	47.14437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	11.11	-1.98800579	30.11594211	40	-0.641643774	43.58356226
181	ค.อ. นันทกร แสงแก้ว	10	-0.82513	41.74675498	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.660903854	43.3096146	22.22	-1.46818311	35.31816893	30	-1.110145576	38.89854424
182	น.ส.สุภาลักษณ์ ขวัญทิพนาร	14	-0.04051	49.59489913	54.55	0.53406584	55.34065839	52.94	0.418564466	56.18544466	22.22	-1.46818311	35.31816893	20	-1.578647379	34.21352621
183	น.ส.อุษณีย์ งามสินธุ์กุล	13	-0.23666	47.6333581	45.45	0.0272754	50.2727599	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42737374	45.7226256	60	0.295359832	52.9359832
184	น.ส.ศศิภานต์ ศุภตะสสารัญ	27	2.509493	75.09493262	90.91	2.5899995	75.8999953	88.24	2.550325566	75.50325566	77.78	1.13398547	61.33398547	100	2.169367044	71.69367044
185	นายณภัทร แสงโง	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	47.06	0.296786696	52.96786696	44.44	-0.42737374	45.7226256	30	-1.110145576	38.89854424
186	นายพงศ์สิริฐ แก้วทุ่ง	17	0.547952	55.47952225	68.18	1.29313768	62.93137676	64.71	1.262667246	62.62667246	44.44	-0.42737374	45.7226256	50	-0.173141971	48.26858029
187	นายธัญญาภาะ แก้วทุ่ง	18	0.744106	57.44106328	50	0.28067062	52.86670619	52.94	0.418564466	56.18544466	77.78	1.13398547	61.33398547	70	0.763861635	57.63861635
188	นายศิริ นนทคำ	10	-0.82513	41.74675498	31.82	-0.7317964	42.68203562	35.29	-0.347316084	46.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58356226
189	น.ส.พิชชา กาญจนเจริญชัย	9	-1.02128	39.78718395	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.660903854	43.3096146	22.22	-1.46818311	35.31816893	30	-1.110145576	38.89854424
190	น.ส.นันทา	16	0.351798	53.51798121	59.09	0.78690415	57.86904147	52.94	0.418564466	56.18544466	44.44	-0.42737374	45.7226256	40	-0.641643774	43.58356226
191	น.ส.กิตติพร กิตยาประสิทธิ์	22	1.528723	65.28722743	72.73	1.5465329	65.46532896	64.71	1.262667246	62.62667246	77.78	1.13398547	61.33398547	80	1.232363438	62.32363438
192	น.ส.พัชรีณา จิตนาม	13	-0.23666	47.6333581	45.45	0.0272754	50.2727599	41.18	-0.02891074	49.7500926	44.44	-0.42737374	45.7226256	40	-0.641643774	43.58356226
193	น.ส.เชนิศา ปิณฑอด	15	0.156644	51.55644017	45.45	0.0272754	50.2727599	52.94	0.418564466	56.18544466	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.173141971	48.26858029
194	น.ส.ธัญญา ยุทธาภุค	27	2.509493	75.09493262	90.91	2.5899995	75.8999953	88.24	2.550325566	75.50325566	88.89	1.653621229	66.53621229	100	2.169367044	71.69367044
195	น.ส.ธนิพร จงศิริกุล	20	1.136415	61.36414536	63.64	1.04029937	60.4029368	64.71	1.262667246	62.62667246	44.44	-0.42737374	45.7226256	70	0.763861635	57.63861635
196	น.ส.พรสวรรค์ วาฬพิลาภ	27	2.509493	75.09493262	90.91	2.5899995	75.8999953	88.24	2.550325566	75.50325566	88.89	1.653621229	66.53621229	90	1.700865241	67.00865241
197	นายธีรภัทร วงษ์สุชา	18	0.744106	57.44106328	59.09	0.78690415	57.86904147	47.06	0.296786696	52.96786696	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.232363438	62.32363438
198	น.ส.เอกสิริ จงอุบลายอด	28	2.705647	77.05647366	90.91	2.5899995	75.8999953	88.24	2.550325566	75.50325566	100	2.17384391	71.7384391	100	2.169367044	71.69367044
199	น.ส.ดวงทิพย์ มหาวรรณ	26	2.313339	73.13339158	81.82	2.05276642	70.32766424	76.47	1.906222785	69.0222785	77.78	1.13398547	61.33398547	100	2.169367044	71.69367044
200	น.ส.รัชดา สายชลถาวร	23	1.724877	67.24876847	77.27	1.7993712	67.99371204	70.59	1.384445016	65.84445016	66.67	0.613175866	56.13175866	90	1.700865241	67.00865241
201	นายณพนธ์ เอกถิยาว	23	1.724877	67.24876847	68.18	1.29313768	62.93137676	64.71	1.262667246	62.62667246	77.78	1.13398547	61.33398547	100	2.169367044	71.69367044
202	นายเพชรรัตน์ พงษ์พิลาภกิจ	22	1.528723	65.28722743	77.27	1.7993712	67.99371204	76.47	1.906222785	69.0222785	44.44	-0.42737374	45.7226256	70	0.763861635	57.63861635
203	น.ส.กรรวิ พงษ์กาญจน์ปญ	23	1.724877	67.24876847	68.18	1.29313768	62.93137676	64.71	1.262667246	62.62667246	77.78	1.13398547	61.33398547	100	2.169367044	71.69367044
204	น.ส.มีนัตโธ	26	2.313339	73.13339158	86.36	2.30560473	73.55604732	88.24	2.550325566	75.50325566	77.78	1.13398547	61.33398547	80	1.232363438	62.32363438
205	น.ส.สุภาพร บุญมากัดัง	23	1.724877	67.24876847	68.18	1.29313768	62.93137676	64.71	1.262667246	62.62667246	77.78	1.13398547	61.33398547	100	2.169367044	71.69367044
206	นายณภัทร ทวีรัฐศิริ	15	0.155644	51.55644017	45.45	0.0272754	50.2727599	47.06	0.296786696	52.96786696	44.44	-0.42737374	45.7226256	80	1.232363438	62.32363438
207	น.ส.รดา ส่วนสุรอรุณ	12	-0.43282	45.67181706	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	44.44	-0.42737374	45.7226256	60	0.295359832	52.9359832
208	น.ส.วรรณภา ศยุภา	17	0.547952	55.47952225	50	0.28067062	52.86670619	29.41	-0.660903854	43.3096146	77.78	1.13398547	61.33398547	80	1.232363438	62.32363438
209	น.ส.สุภัทร วาณกรพลอย	27	2.509493	75.09493262	90.91	2.5899995	75.8999953	82.35	2.228000555	72.28000555	100	2.17384391	71.7384391	90	1.700865241	67.00865241

210	น.ส. จุฑิภา โปชาธิกา	17	0.547952	55.4795225	50	0.28067062	52.80670619	35.29	-0.347316084	46.52683916	88.89	1.653621229	66.53621229	80	1.232363438	62.32363438
211	น.ส. อารีรัตน์ นามสัด	16	0.351798	53.51798121	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.75008926	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.232363438	62.32363438
212	น.ส. บุษราว ดำรงกิจกุล	7	-1.41359	35.86411187	18.18	-1.4914252	35.08574814	5.88	-1.956722174	30.43247826	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58356226
213	น.ส. พวงทอง โพนนาเขต	22	1.528723	65.28722743	68.18	1.29313768	62.93137676	52.94	0.618564466	56.18564466	100	2.17384391	71.7384391	90	1.700865241	67.00865241
214	น.ส. รัญญา ร่มศรี	16	0.351798	53.51798121	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.75008926	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.232363438	62.32363438
215	น.ส. นภาพร สีกา	20	1.136415	61.36414536	68.18	1.29313768	62.93137676	58.82	0.940342235	59.40342235	77.78	1.13398547	61.3398547	80	1.232363438	62.32363438
216	น.ส. อรทัย ศีลอุปนิม	20	1.136415	61.36414536	63.64	1.04029957	60.40299368	70.59	1.584445016	63.84445016	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
217	น.ส. รันดี แซ่ก๊อ	16	0.351798	53.51798121	54.55	0.53404584	55.34065839	52.94	0.618564466	56.18564466	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
218	ค.ส. กวี พญาขันธ์	14	-0.04051	40.59489913	50	0.28067062	52.80670619	47.06	0.296786696	52.96786696	44.44	-0.42773774	45.7262256	60	0.293539832	52.93539832
219	นายณณเขต เอกธำมด	22	1.528723	65.28722743	77.27	1.7993712	67.99371204	82.35	2.228000555	72.28000555	77.78	1.13398547	61.3398547	90	-0.173141971	48.26858029
220	น.ส. รณทัช คณกุล	21	1.392569	63.39256839	68.18	1.29313768	62.93137676	58.82	0.940342235	59.40342235	88.89	1.653621229	66.53621229	80	1.232363438	62.32363438
221	นายบัณฑิต จันทร์ธิษะ	20	1.136415	61.36414536	72.73	1.5465329	65.46532896	64.71	1.262667246	62.62667246	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
222	ค.อ. ปกามัน สันติคำสาร	12	-0.43282	45.67181706	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	44.44	-0.42773774	45.7262256	60	0.293539832	52.93539832
223	น.ส. นกัชา เอื้อบุญยศรี	26	2.313339	73.13339158	81.82	2.05276642	70.52766424	76.47	1.906222785	69.06222785	88.89	1.653621229	66.53621229	100	2.169367044	71.69367044
224	ค.อ. สุธิดา อนันต์โมฬีพร	16	0.351798	53.51798121	45.45	0.0272754	50.27275399	41.18	-0.024991074	49.75008926	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
225	น.ส. ชำนาญ	27	2.509493	75.09493262	86.36	2.30560473	73.05604732	82.35	2.228000555	72.28000555	88.89	1.653621229	66.53621229	100	2.169367044	71.69367044
226	น.ส. ดาญดี พันธุ์ดาวง	12	-0.43282	45.67181706	27.27	-0.9851917	40.14808342	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.293539832	52.93539832
227	น.ส. อธิ	13	-0.25666	47.6333581	45.45	0.0272754	50.27275399	41.18	-0.024991074	49.75008926	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58356226
228	น.ส. สุพราชา	27	2.509493	75.09493262	90.91	2.55899995	75.58999953	88.24	2.550325566	75.50325566	88.89	1.653621229	66.53621229	90	1.700865241	67.00865241
229	ค.ส. พุฒเพท ศิริวิทย์พงศ์	12	-0.43282	45.67181706	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.173141971	48.26858029
230	ค.อ. พรมณี สอนสือฟ้า	15	0.156444	51.55644017	40.91	-0.2255629	47.74437091	29.41	-0.669093854	43.30906146	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
231	น.ส. ทักษพร แสนศรีเลิศ	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.75008926	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.173141971	48.26858029
232	ค.อ. อธิชา บรมนชัย	22	1.528723	65.28722743	72.73	1.5465329	65.46532896	58.82	0.940342235	59.40342235	77.78	1.13398547	61.3398547	80	1.232363438	62.32363438
233	นายสุรเชษฐ์	11	-0.62897	43.71027602	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	44.44	-0.42773774	45.7262256	70	0.763861635	57.63861635
234	นายสมพล นิตย์นถ	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	44.44	-0.42773774	45.7262256	60	0.293539832	52.93539832
235	น.ส. อรทัย ก้องนภาข้าท	26	2.313339	73.13339158	86.36	2.30560473	73.05604732	82.35	2.228000555	72.28000555	77.78	1.13398547	61.3398547	90	1.700865241	67.00865241
236	ค.ส. วิวัฒนา สอนสืบ	23	1.748777	67.24876047	77.27	1.7993712	67.99371204	82.35	2.228000555	72.28000555	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.232363438	62.32363438
237	ค.อ. แสงจันทร์ รักป่าพร	10	-0.82513	41.74873498	36.36	-0.4789581	45.2104187	28.58	-0.990871624	40.09128376	44.44	-0.42773774	45.7262256	40	-0.641643774	43.58356226
238	น.ส. รัชชภา พงษ์นาคเสถียร	6	-1.60974	33.90257084	13.64	-1.7442635	32.55765606	17.65	-1.3126609393	36.87350007	33.33	-0.94796043	40.52039574	20	-1.578647379	34.21352621
239	นายเดโช โสรัตน์ชัย	11	-0.62897	43.71027602	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.293539832	52.93539832
240	น.ส. พัทธนา แซ่สือ	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.7262256	30	-1.110145576	38.89854424
241	น.ส. สุจิตานต์ กิตติธรรมณ์	7	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	23.53	-0.990871624	40.09128376	44.44	-0.42773774	45.7262256	60	0.293539832	52.93539832
242	น.ส. พรวดี ทรัพย์กิจนารถ	12	-1.41359	35.86411187	18.18	-1.4914252	35.08574814	17.65	-1.3126609393	36.87350007	44.44	-0.42773774	45.7262256	40	-0.641643774	43.58356226
243	นายสุทธ พันธ์คำ	7	-1.41359	35.86411187	22.73	-1.23803	31.61970034	29.41	-0.669093854	43.30906146	22.22	-1.46818311	35.31816893	10	-2.047109182	29.52850818
244	น.ส. กิตติวรรณ กิ่งงษ์	9	-1.02128	39.78719995	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	20	-1.578647379	34.21352621

245	นายอำพล มีมงคล	16	0.351798	53.51798121	54.55	0.53406584	55.30456839	58.82	0.940342235	59.40342235	44.44	-0.42773774	45.7262256	40	-0.641643774	43.58356226
246	นส. กัญจรัตน์ อนันต์ไพโรจน์	6	-1.60974	33.90257084	13.64	-1.7442635	32.55736506	11.76	-1.634974404	33.65025596	11.11	-1.98840579	30.11594211	40	-0.641643774	43.58356226
247	นายอัษฎ์ ภิโกศลสกุล	12	-0.43282	45.67181706	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.7262256	30	-1.110145576	38.89854424
248	นายชยากร วงษ์แก้วโกด	20	1.136415	61.36414556	68.18	1.29313768	62.93137676	58.82	0.940342235	59.40342235	77.78	1.13398547	61.3398547	60	0.295359832	52.95359832
249	นายอุทัยศักดิ์ ยอดมิ่ง	20	1.136415	61.36414556	63.64	1.04029397	60.40293668	70.59	1.584445016	65.84445016	77.78	1.13398547	61.3398547	40	-0.641643774	43.58356226
250	นายชวรัตน์ วิเชียรบานศิริงาม	12	-0.43282	45.67181706	45.45	0.0272754	50.27275399	41.18	-0.02491074	40.7900926	22.22	-1.46818311	35.31816893	30	-1.110145576	38.89854424
251	นายมงคล ขวมนามวิภา	18	0.744106	57.44106328	59.09	0.78690415	57.86904147	64.71	1.262667246	63.62667246	55.56	0.092953184	50.2953184	40	-0.641643774	43.58356226
252	นายอริชระ บัวคำ	12	-0.43282	45.67181706	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.69093854	43.30906146	66.67	0.613175866	56.13175866	50	-0.173141971	48.26858029
253	นายอนุสรณ์ชัย เพ็ญแก้ว	13	-0.26666	47.6333381	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295359832	52.95359832
254	นางรุ่งโรจน์ พิศาลกุลเจริญ	8	-1.21743	37.82565291	22.73	-1.23803	37.61970034	17.65	-1.312649393	36.87396067	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.58356226
255	นายอนันดา จิรมาน	6	-1.60974	33.90257084	13.64	-1.7442635	32.55736506	17.65	-1.312649393	36.87396067	33.33	-0.94796043	40.52039574	10	-2.047149182	29.52850818
256	นายพชร คำแก้ว	21	1.332569	63.32568639	72.73	1.5465329	65.46328896	88.24	2.550325566	75.50325566	55.56	0.092953184	50.2953184	40	-0.641643774	43.58356226
257	นส. ณัฐวิภา ตัปประเสริฐ	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.69093854	43.30906146	44.44	-0.42773774	45.7262256	60	0.295359832	52.95359832
258	นส. สุภาภรณ์ แสงเชกการณ	26	2.313339	73.13339158	81.82	2.05276442	70.52768424	88.24	2.550325566	75.50325566	88.89	1.639421229	66.53621229	90	1.700865241	67.00865241
259	ค.ร. พรหม บุญไชย	10	-0.82513	41.74873498	22.73	-1.23803	37.61970034	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.2953184	40	-0.641643774	43.58356226
260	ค.ร. วงกร เพ็ญสุข	8	-1.21743	37.82565291	27.27	-0.9851917	40.14808342	23.53	-0.990871624	40.09128376	11.11	-1.98840579	30.11594211	30	-1.110145576	38.89854424
261	นายจักรพงษ์ บัวคำ	8	-1.21743	37.82565291	31.82	-0.7317964	42.68203562	35.29	-0.347316084	46.52683916	22.22	-1.46818311	35.31816893	0	-2.515650985	24.84349015
262	นายศรัณย์ แสนหลวง	15	0.155644	51.55644017	54.55	0.3406584	55.34065839	64.71	1.262667246	63.62667246	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58356226
263	นายธีรวิไล อินธิ	7	-1.41359	35.86411187	27.27	-0.9851917	40.14808342	35.29	-0.347316084	46.52683916	22.22	-1.46818311	35.31816893	10	-2.047149182	29.52850818
264	ค.ญ. วิฑูรดา ทองนาถ	9	-1.02128	39.78719395	22.73	-1.23803	37.61970034	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.7262256	30	-1.110145576	38.89854424
265	ค.ญ. นามนาถ ยี่งอ	6	-1.60974	33.90257084	27.27	-0.9851917	40.14808342	29.41	-0.69093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	10	-2.047149182	29.52850818
266	นายปฐมพร ลือคำ	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.68203562	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.7262256	40	-0.641643774	43.58356226
267	นายเล็ก	9	-1.02128	39.78719395	27.27	-0.9851917	40.14808342	17.65	-1.312649393	36.87396067	44.44	-0.42773774	45.7262256	30	-1.110145576	38.89854424
268	นส. นภา	9	-1.02128	39.78719395	27.27	-0.9851917	40.14808342	11.76	-1.634974404	33.65025596	55.56	0.092953184	50.2953184	40	-0.641643774	43.58356226
269	ค.ร. ณัฐวิไล เพ็ญทอง	16	0.351798	53.51798121	59	0.28067082	52.8070619	58.82	0.940342235	59.40342235	44.44	-0.42773774	45.7262256	30	-1.110145576	38.89854424
270	นส. กณิณภัท ขวัญเมือง	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.69093854	43.30906146	44.44	-0.42773774	45.7262256	50	-0.173141971	48.26858029
271	นส. วิฑูรดา นาสีศรีโสภ	13	-0.23666	47.6333381	31.82	-0.7317964	42.68203562	35.29	-0.347316084	46.52683916	55.56	0.092953184	50.2953184	50	-0.173141971	48.26858029
272	ค.ญ. ปาริชาติยาภัทร เวียงสุ่ย	16	0.351798	53.51798121	45.45	0.0272754	50.27275399	35.29	-0.347316084	46.52683916	55.56	0.092953184	50.2953184	80	1.232363438	62.32363438
273	ค.ญ. ศาธินิ เล่มเย็น	21	1.332569	63.32568639	68.18	1.29313768	62.93137676	58.82	0.940342235	59.40342235	88.89	1.639421229	66.53621229	80	1.232363438	62.32363438
274	นายศักดิ์ศักดิ์ แซ่อ้อ	7	-1.41359	35.86411187	18.18	-1.4914252	35.08574814	23.53	-0.990871624	40.09128376	11.11	-1.98840579	30.11594211	30	-1.110145576	38.89854424
275	นายธีรภัทร โสธอน	12	-0.43282	45.67181706	27.27	-0.9851917	40.14808342	29.41	-0.69093854	43.30906146	66.67	0.613175866	56.13175866	40	-0.641643774	43.58356226
276	นส. กณิณภัท พึ่งเปี่ยม	14	-0.04051	49.59489913	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	88.89	1.639421229	66.53621229	50	-0.173141971	48.26858029
277	นส. ศิริพร รัตนวงษ์	12	-0.43282	45.67181706	27.27	-0.9851917	40.14808342	29.41	-0.69093854	43.30906146	66.67	0.613175866	56.13175866	40	-0.641643774	43.58356226
278	นส. นภกรณ ปุเตื้อ	12	-0.43282	45.67181706	27.27	-0.9851917	40.14808342	29.41	-0.69093854	43.30906146	66.67	0.613175866	56.13175866	40	-0.641643774	43.58356226
279	นายธีรภัทร แซ่อ้อ	12	-0.43282	45.67181706	27.27	-0.9851917	40.14808342	29.41	-0.69093854	43.30906146	66.67	0.613175866	56.13175866	40	-0.641643774	43.58356226

280	นส.นริศนา โสสินทร์	5	-1.8059	31.9410298	9.09	-1.9976587	30.02341285	11.76	-1.634974404	33.5025596	11.11	-1.98840579	30.11594211	40	-0.641643774	43.58356226
281	ค.ญ. ชาริษฐ์ คำปล่	13	-0.23666	47.6333581	31.82	-0.7317964	42.68203562	35.29	-0.347316084	46.2683916	77.78	1.13398547	61.33398547	40	-0.641643774	43.58356226
282	นส. วิภากร จันเต็ม	7	-1.41359	35.8641187	18.18	-1.4914252	35.08574814	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.29253184	40	-0.641643774	43.58356226
283	นายกรรณ แดงขุนทด	12	-0.43282	45.67181706	27.27	-0.9851917	40.14608342	29.41	-0.669093854	43.30906146	66.67	0.613175866	56.13175866	40	-0.641643774	43.58356226
284	นายอดชา บัวด้ย	7	-1.41359	35.8641187	22.73	-1.23803	37.61970034	17.65	-1.312649393	36.87350607	44.44	-0.4273774	45.72262256	30	-1.110145576	38.89854424
285	นส.ปรานศ ประเสริฐ	5	-1.8059	31.9410298	18.18	-1.4914252	35.08574814	23.53	-0.990871624	40.09128376	0	-2.50862847	24.9137153	10	-2.047149182	29.52850818
286	นายอัมรินทร์ พนงเจริญ	11	-0.62897	43.71027602	22.73	-1.23803	37.61970034	29.41	-0.669093854	43.30906146	55.56	0.092953184	50.29253184	40	-0.641643774	43.58356226
287	นายภาณุวัฒน์ วงษ์ชู	8	-1.21743	37.82565291	27.27	-0.9851917	40.14608342	23.53	-0.990871624	40.09128376	33.33	-0.94796043	40.52039574	20	-1.578647379	34.21352621
288	นายวินเทพ เสริมคำวงศ์	8	-1.21743	37.82565291	22.73	-1.23803	37.61970034	17.65	-1.312649393	36.87350607	44.44	-0.4273774	45.72262256	20	-1.578647379	34.21352621
289	นส. วิชญาดา สิทธิระ	6	-1.60974	33.90257084	22.73	-1.23803	37.61970034	23.53	-0.990871624	40.09128376	22.22	-1.46818311	35.31816893	20	-1.578647379	34.21352621
290	นส. สร้อยแก้ว จันทเขียว	7	-1.41359	35.8641187	18.18	-1.4914252	35.08574814	17.65	-1.312649393	36.87350607	33.33	-0.94796043	40.52039574	20	-1.578647379	34.21352621
291	นายพิทักษ์ เสนา	5	-1.8059	31.9410298	13.64	-1.7442635	32.5573506	11.76	-1.634974404	33.5025596	22.22	-1.46818311	35.31816893	10	-2.047149182	29.52850818
292	นส. มณีรัตน์ พันธุ์บุญ	19	0.94026	59.40260432	59.09	0.78690415	57.86904147	47.06	0.296786696	52.6786696	88.89	1.653621229	66.53621229	70	0.763861635	57.63861635
293	นส. พิชญา ประชานิยม	15	0.155444	51.55644017	45.45	0.0272754	50.27275399	35.29	-0.347316084	46.2683916	77.78	1.13398547	61.33398547	60	0.295559832	52.95359832
294	นส. มณีรัตน์ พนมศรีชัย	16	0.351798	58.51798121	54.55	0.53046584	55.34063839	41.18	-0.024991074	49.7508926	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
295	นส. อัญญรัตน์ เคารกฤษ	22	1.528723	65.28722743	63.64	1.04029937	60.40299368	58.82	0.940342235	59.40342235	100	2.17384391	71.7384391	90	1.700865241	67.00865241
296	ค.ญ. ปวีณา สาริษา	9	-1.02128	39.78719395	22.73	-1.23803	37.61970034	23.53	-0.990871624	40.09128376	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58356226
297	ค.ญ. สุนันทา แก้วคำ	13	-0.23666	47.6333581	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.29253184	50	-0.173141971	48.26858029
298	ค.ญ. ศกสิทธิ์ เสาร์โสมะรินทร์	12	-0.43282	45.67181706	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	44.44	-0.4273774	45.72262256	70	0.763861635	57.63861635
299	นายธีรญา เฟื่องไธ	23	1.724877	67.24876847	71.27	1.793712	67.99371204	76.47	1.906222785	69.06222785	77.78	1.13398547	61.33398547	60	0.295559832	52.95359832
300	ค.ญ. นิชากานต์ ร่มะเนติ	17	0.547952	55.47952225	59.09	0.78690415	57.86904147	52.94	0.618564466	56.18564466	44.44	-0.4273774	45.72262256	70	0.763861635	57.63861635
301	นายณภัทร กัญชนะ	23	1.724877	67.24876847	71.27	1.793712	67.99371204	76.47	1.906222785	69.06222785	77.78	1.13398547	61.33398547	60	0.295559832	52.95359832
302	นส. จัญญานุช ธรรมมาญาแห	16	0.351798	58.51798121	54.55	0.53046584	55.34063839	47.06	0.296786696	52.6786696	44.44	-0.4273774	45.72262256	60	0.295559832	52.95359832
303	นส. วิชญาดา พันธุ์เือก	21	1.332549	63.32568639	63.64	1.04029937	60.40299368	58.82	0.940342235	59.40342235	88.89	1.653621229	66.53621229	80	1.23263438	62.3263438
304	นส. อัญญดา กัญหาญ	21	1.332569	63.32568639	63.64	1.04029937	60.40299368	52.94	0.618564466	56.18564466	100	2.17384391	71.7384391	80	1.23263438	62.3263438
305	นส. พศพาภา ณ นคร	23	1.724877	67.24876847	72.73	1.5465329	65.46532896	58.82	0.940342235	59.40342235	100	2.17384391	71.7384391	90	1.700865241	67.00865241
306	ค.ญ. ชัญญา ปัญญาก่อง	14	-0.04051	49.594899713	36.36	-0.4789581	45.2104187	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.29253184	80	1.23263438	62.3263438
307	นส. ศิพัทธ์ เรืองสุวรรณ	307	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.225829	47.74437071	35.29	-0.347316084	46.2683916	44.44	-0.4273774	45.72262256	60	0.295559832	52.95359832
308	ค.ญ. มณีนันทน์ โยธามันต์	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	44.44	-0.4273774	45.72262256	60	0.295559832	52.95359832
309	ค.ญ. ชรินทร์ คำแดง	19	0.94026	59.40260432	63.64	1.04029937	60.40299368	58.82	0.940342235	59.40342235	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295559832	52.95359832
310	นายธนาวัช เพ็ชรกันแพง	9	-1.02128	39.78719395	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.58356226
311	ค.ญ. ณัฐพร กัญญ	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.2683916	66.67	0.613175866	56.13175866	50	-0.173141971	48.26858029
312	ค.ญ. รชชภา รามัน	9	-1.02128	39.78719395	27.27	-0.9851917	40.14608342	35.29	-0.347316084	46.2683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	30	-1.110145576	38.89854424
313	นส. นกักรรณ สีโย	13	-0.23666	47.6333581	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.2683916	44.44	-0.4273774	45.72262256	60	0.295559832	52.95359832
314	นายพิทักษ์ แก้วโน	23	1.724877	67.24876847	71.27	1.793712	67.99371204	76.47	1.906222785	69.06222785	77.78	1.13398547	61.33398547	60	0.295559832	52.95359832

315	นายสิทธิพันธ์ จันทะ	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.68203562	35.29	-0.347316084	46.52683916	22.22	-1.46818311	35.31816893	30	-1.110145576	38.89554424
316	นายธนภัทร โยธาภักดิ์	23	1.724877	67.24876847	77.27	1.7993712	67.99371204	76.47	1.906222785	69.06222785	77.78	1.13398547	61.3398547	60	0.295359832	52.95359832
317	ค.อ. นันทภูมิ จันทะนอง	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.173141971	48.26658029
318	ค.อ. นพรัตน์ สันต์ทอง	11	-0.62897	43.71027602	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.173141971	48.26658029
319	ค.อ. พินัทธ สอนแก้ว	23	1.724877	67.24876847	77.27	1.7993712	67.99371204	76.47	1.906222785	69.06222785	77.78	1.13398547	61.3398547	60	0.295359832	52.95359832
320	น.ส. พิชชาภา พงศา	21	1.332569	63.32568639	68.18	1.29313768	62.93137676	58.82	0.940342235	59.40942235	88.89	1.653621229	66.53621229	80	1.232363438	62.32363438
321	ค.อ. นวนภา แสนบุญญา	8	-1.21743	37.823565291	22.73	-1.23803	37.61970034	29.41	-0.669093854	43.30906146	11.11	-1.98840579	30.11594211	30	-1.110145576	38.89554424
322	น.ส. อภิญญา เสงี่ยมบุญเกิด	12	-0.43282	45.67181706	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	44.44	-0.427373774	45.72626256	60	0.295359832	52.95359832
323	ค.อ. ชุภา โสภณวิธสารักษ์	15	0.155644	51.55644017	50	0.28067062	52.80670619	35.29	-0.347316084	46.52683916	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
324	ค.อ. วราภรณ์ พารักษ์	22	1.528723	65.28722743	72.73	1.54653399	65.46532896	58.82	0.940342235	59.40942235	88.89	1.653621229	66.53621229	90	1.700865241	67.00865241
325	น.ส. พัทธยา ชัยมงคล	12	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.7437091	47.06	0.29678696	52.678696	22.22	-1.46818311	35.31816893	30	-1.110145576	38.89554424
326	น.ส. นันทา รุ่งแสง	11	-0.62897	43.71027602	27.27	-0.9851917	40.14806342	23.53	-0.990871624	40.09128376	44.44	-0.427373774	45.72626256	60	0.295359832	52.95359832
327	ค.อ. สุวิไลพร พุทธิศรี	6	-1.60714	33.90257084	18.18	-1.4914232	35.08574814	11.76	-1.634074404	33.65025596	22.22	-1.46818311	35.31816893	20	-1.578647379	34.21352621
328	ค.อ. พัทธพล ประไพรักษ์	9	-1.02128	39.78719395	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	22.22	-1.46818311	35.31816893	20	-1.578647379	34.21352621
329	นายจักรกฤษณ์ มาน้อง	21	1.332569	63.32568639	63.64	1.04029937	60.40299368	52.94	0.618564466	56.18564466	88.89	1.653621229	66.53621229	100	2.169367044	71.69367044
330	น.ส. กัญญกานต์ ใบเงิน	9	-1.02128	39.78719395	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58356226
331	น.ส. กัญญกานต์ บัวบาน	16	0.351798	53.51798121	50	0.28067062	52.80670619	52.94	0.618564466	56.18564466	66.67	0.613175866	56.13175866	50	-0.173141971	48.26658029
332	น.ส. อธิยา ชัยประเสริฐ	10	-0.82513	41.74873498	27.27	-0.9851917	40.14806342	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.173141971	48.26658029
333	ค.อ. ประวีร์ แก้วใจ	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	44.44	-0.427373774	45.72626256	60	0.295359832	52.95359832
334	นายศรีสาร วันชัย	22	1.528723	65.28722743	77.27	1.7993712	67.99371204	70.59	1.58445016	65.8445016	77.78	1.13398547	61.3398547	70	0.763861635	57.63861635
335	นายณัฐภูมิ เขียวแสง	9	-1.02128	39.78719395	27.27	-0.9851917	40.14806342	29.41	-0.669093854	43.30906146	11.11	-1.98840579	30.11594211	40	-0.641643774	43.58356226
336	นายธนวัฒน์ เสือเมืองพาน	18	0.744106	57.44106328	59.09	0.78690415	57.86904147	58.82	0.940342235	59.40942235	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295359832	52.95359832
337	น.ส. นภาพร คำวัน	20	1.136415	61.36414556	63.64	1.04029937	60.40299368	52.94	0.618564466	56.18564466	77.78	1.13398547	61.3398547	80	1.232363438	62.32363438
338	นายณัฐเบญจ จงู	21	1.332569	63.32568639	68.18	1.29313768	62.93137676	64.71	1.262667246	62.62667246	77.78	1.13398547	61.3398547	60	0.295359832	52.95359832
339	ค.อ. ปภากรินทร์ น้อยสุวรรณ	17	0.547952	55.47952225	50	0.28067062	52.80670619	35.29	-0.347316084	46.52683916	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
340	ค.อ. รติมา สอนาคู	17	0.547952	55.47952225	50	0.28067062	52.80670619	35.29	-0.347316084	46.52683916	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
341	ค.อ. ธนาภรณ์ พิหารรวม	16	0.351798	53.51798121	45.45	0.0272754	50.27275399	29.41	-0.669093854	43.30906146	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
342	ค.อ. ณัฐฤทธา บัวจันทร์	21	1.332569	63.32568639	68.18	1.29313768	62.93137676	64.71	1.262667246	62.62667246	77.78	1.13398547	61.3398547	60	0.295359832	52.95359832
343	ค.อ. ธนิษฐา ก่อจักษ์	16	0.351798	53.51798121	50	0.28067062	52.80670619	35.29	-0.347316084	46.52683916	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
344	ค.อ. ณัชชาพร ชื่นแก้ว	18	0.744106	57.44106328	50	0.28067062	52.80670619	35.29	-0.347316084	46.52683916	77.78	1.13398547	61.3398547	80	1.232363438	62.32363438
345	น.ส. ศิวพร อิน้อย	22	1.528723	65.28722743	68.18	1.29313768	62.93137676	64.71	1.262667246	62.62667246	88.89	1.653621229	66.53621229	70	0.763861635	57.63861635
346	นายศศิวันมุกุ แสงขาว	15	0.155644	51.55644017	45.45	0.0272754	50.27275399	47.06	0.29678696	52.678696	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295359832	52.95359832
347	น.ส. ธัญวีร์ อธิพิทักษ์กุล	17	0.547952	55.47952225	50	0.28067062	52.80670619	35.29	-0.347316084	46.52683916	77.78	1.13398547	61.3398547	80	1.232363438	62.32363438
348	ค.อ. ณัฐยานันท์ พุ่มลัด	15	0.155644	51.55644017	50	0.28067062	52.80670619	41.18	-0.024991074	49.7508926	66.67	0.613175866	56.13175866	50	-0.173141971	48.26658029
349	นายพรพล อธิศิริสุวรรณ	24	1.921031	69.21030951	81.82	2.05276642	70.52766424	82.35	2.22800055	72.28000555	88.89	1.653621229	66.53621229	60	0.295359832	52.95359832

350	ค.ช. พันธ์ภูมิ จินนาเขียว	13	-0.23666	47.6333581	45.45	0.0272754	50.2727599	41.18	-0.024991074	49.75008926	44.44	-0.42773774	45.72262256	60	0.295359832	52.95359832
351	น.ส. พริศดา อิมอ้อม	15	0.155644	51.55644017	54.55	0.53406584	55.3405839	58.82	0.940342235	59.40342235	44.44	-0.42773774	45.72262256	50	-0.173141971	48.26858029
352	นายพัทวิธ เบ้าทอง	16	0.351798	53.51798121	54.55	0.53406584	55.3405839	52.94	0.618564466	56.18564466	44.44	-0.42773774	45.72262256	70	0.763861635	57.63861635
353	ค.ญ. จิรัชลิน มอญทุ่ง	13	-0.23666	47.6333581	45.45	0.0272754	50.2727599	35.29	-0.347316084	46.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.173141971	48.26858029
354	นายณัฐวรรณ พรมทับ	19	0.94026	59.40260432	59.09	0.78690415	57.86904147	47.06	0.296786696	52.96786696	77.78	1.133398547	61.33398547	80	1.232363438	62.32363438
355	ค.ญ. จิรุตตา บัวปะแะสิริ	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	55.56	0.092953184	50.92953184	40	-0.641643774	43.5856226
356	นายปิ่นมณฑล นพาคี	20	1.136415	61.36414536	68.18	1.29313768	62.93137676	58.82	0.940342235	59.40342235	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.232363438	62.32363438
357	นายวราพล จันทะระ	17	0.547952	55.47952225	54.55	0.53406584	55.3405839	52.94	0.618564466	56.18564466	55.56	0.092953184	50.92953184	40	-0.641643774	43.5856226
358	ค.ญ. ปวีณิฉัตร ศรีธยา	18	0.744106	57.44106328	50	0.28067062	52.80670619	52.94	0.618564466	56.18564466	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295359832	52.95359832
359	ค.ญ. อุทัยสร ปิ่นมณี	13	-0.23666	47.6333581	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.72262256	60	0.295359832	52.95359832
360	ค.ญ. โสภนา เขียวสีทอง	9	-1.02128	39.78719395	22.73	-1.23803	37.61970034	11.76	-1.634974404	33.5025596	44.44	-0.42773774	45.72262256	40	-0.641643774	43.5856226
361	นายศิริวิทย์ เพ็ชรกุล	12	-0.43282	45.67181706	31.82	-0.7317964	42.68203562	17.65	-1.312649393	36.87350607	44.44	-0.42773774	45.72262256	50	-0.173141971	48.26858029
362	ค.ช. ณัฐกานต์ อิมม	14	-0.04051	49.59489913	40.91	-0.2255629	47.74437091	41.18	-0.024991074	49.75008926	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
363	น.ส. พรชิตา จำโสม	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.5856226
364	ค.ญ. นันทกานต์ เหมอโสม	12	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.5856226
365	น.ส. สุพรรณษา สุระเส็ง	11	-0.62897	43.71027602	27.27	-0.9851917	40.14808342	17.65	-1.312649393	36.87350607	44.44	-0.42773774	45.72262256	60	0.295359832	52.95359832
366	ค.ญ. อุทกานต์ นันทิเศษ	13	-0.23666	47.6333581	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.72262256	60	0.295359832	52.95359832
367	ค.ช. พิเชษฐ สิงสมาน	9	-1.02128	39.78719395	22.73	-1.23803	37.61970034	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.92953184	40	-0.641643774	43.5856226
368	น.ส. ปิณฑุจา จงน้อย	12	-0.43282	45.67181706	31.82	-0.7317964	42.68203562	17.65	-1.312649393	36.87350607	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
369	น.ส. วรัญชน คำจันทร์	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.5856226
370	น.ส. ศศิธร คำป้อม	9	-1.02128	39.78719395	22.73	-1.23803	37.61970034	17.65	-1.312649393	36.87350607	44.44	-0.42773774	45.72262256	50	-0.173141971	48.26858029
371	ค.ช. วิวัฒน์ เหล็กคำโพ	10	-0.82513	41.74873498	22.73	-1.23803	37.61970034	17.65	-1.312649393	36.87350607	55.56	0.092953184	50.92953184	50	-0.173141971	48.26858029
372	นายชินดา อัครชัยเจนกุล	12	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
373	น.ส. ชัญจิรา วัชรคุณาร	11	-0.62897	43.71027602	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	66.67	0.613175866	56.13175866	40	-0.641643774	43.5856226
374	น.ส. อัญสิลา แซ่จาง	18	0.744106	57.44106328	50	0.28067062	52.80670619	47.06	0.296786696	52.96786696	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.232363438	62.32363438
375	ค.ญ. ชนานิภา อิมม	12	-0.43282	45.67181706	36.36	-0.4789581	45.2104187	41.18	-0.024991074	49.75008926	44.44	-0.42773774	45.72262256	40	-0.641643774	43.5856226
376	น.ส. ศรัญญา ทอมสันท	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.68203562	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.72262256	30	-1.110145576	38.89854424
377	น.ส. จิรัชชา ปิ่นดี	13	-0.23666	47.6333581	36.36	-0.4789581	45.2104187	23.53	-0.990871624	40.09128376	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
378	นายสิทธิ รังสา	11	-0.62897	43.71027602	27.27	-0.9851917	40.14808342	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
379	นายฤเดช อิ่มอ่วม	13	-0.23666	47.6333581	36.36	-0.4789581	45.2104187	41.18	-0.024991074	49.75008926	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
380	นายพนัสนิพัทธ์ นารการทองผา	17	0.547952	55.47952225	45.45	0.0272754	50.2727599	41.18	-0.024991074	49.75008926	77.78	1.133398547	61.33398547	80	1.232363438	62.32363438
381	ค.ช. นพธกร ปิ่นดี	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	47.06	0.296786696	52.96786696	44.44	-0.42773774	45.72262256	30	-1.110145576	38.89854424
382	นายอโณกุล อิมม	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	47.06	0.296786696	52.96786696	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.5856226
383	นายสุกฤดา คัดแสน	16	0.351798	53.51798121	45.45	0.0272754	50.2727599	47.06	0.296786696	52.96786696	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295359832	52.95359832
384	ค.ญ. ปิ่นมณฑา คำศรี	8	-1.21743	37.82565291	18.18	-1.4914252	35.08574814	17.65	-1.312649393	36.87350607	44.44	-0.42773774	45.72262256	30	-1.110145576	38.89854424

385	นายวิรัช กลิ่นพินา	20	1.136415	61.36414536	59.09	0.78690415	57.86904147	64.71	1.262667246	62.62667246	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.232363438	62.32363438
386	นายธงชัย ทพรพรหมเดช	16	0.351798	53.51798121	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	77.78	1.133398547	61.333398547	80	1.232363438	62.32363438
387	ด.ช. กัศกร ตบศรีชัยสิทธิ์	23	1.724877	67.24876847	81.82	2.05276642	70.52766424	88.24	2.550325566	75.50325566	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
388	น.ส. ญาณิ์ แซ่อย่าง	14	-0.04051	49.59489913	36.36	-0.4789581	45.2104187	35.29	-0.347316084	46.52683916	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
389	น.ส. สุวิทย์ สุธิรัตน์	10	-0.82513	41.74873498	27.27	-0.9851917	40.14808342	29.41	-0.669093854	43.30906146	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.58356226
390	นายธนภัทร อินแพง	17	0.547952	55.47952225	50	0.28067062	52.80670619	47.06	0.296786696	52.96786696	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
391	น.ส. สุณิศา ทองทอง	20	1.136415	61.36414536	63.64	1.04029937	60.40299368	64.71	1.262667246	62.62667246	77.78	1.133398547	61.333398547	50	-0.173141971	48.26858029
392	น.ส. อธิวิทย์ มหามิณ	15	0.155644	51.55644017	50	0.28067062	52.80670619	47.06	0.296786696	52.96786696	44.44	-0.42773774	45.72262256	70	0.763861635	57.63861635
393	ด.ญ. กุสตา รัตนะ	15	0.155644	51.55644017	54.55	0.53406584	55.34065839	52.94	0.618564466	56.18564466	44.44	-0.42773774	45.72262256	60	0.295359832	52.95359832
394	ด.ช. ธีรวิทย์ ดำปิล	11	-0.62897	43.71027602	56.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	44.44	-0.42773774	45.72262256	60	0.295359832	52.95359832
395	นายณัฐวิทย์ ศรีเพชร	15	0.155644	51.55644017	45.45	0.0272754	50.27275399	41.18	-0.024991074	49.75008926	66.67	0.613175866	56.13175866	50	-0.173141971	48.26858029
396	น.ส. ณัฐปภัทร์ คณปาน	15	0.155644	51.55644017	54.55	0.53406584	55.34065839	52.94	0.618564466	56.18564466	44.44	-0.42773774	45.72262256	50	-0.173141971	48.26858029
397	ด.ญ. เกวณิ	8	-1.21743	37.82565291	22.73	-1.23803	37.61970034	29.41	-0.669093854	43.30906146	22.22	-1.46818311	35.31816893	30	-1.110145576	38.89854424
398	น.ส. ภัรวิทย์ อาจเลิศ	17	0.547952	55.47952225	59.09	0.78690415	57.86904147	64.71	1.262667246	62.62667246	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
399	ด.ญ. วราภรณ์ สุขศรีกาญจน์	20	1.136415	61.36414536	59.09	0.78690415	57.86904147	58.82	0.940342235	59.40342235	88.89	1.653621229	66.53621229	80	1.232363438	62.32363438
400	น.ส. พัญญา เวียงทอง	10	-0.82513	41.74873498	27.27	-0.9851917	40.14808342	29.41	-0.669093854	43.30906146	55.56	0.092953184	50.92953184	30	-1.110145576	38.89854424
401	ด.ช. นิธิวัฒน์ ไช้โรจน์	13	-0.23666	47.6333581	40.91	-0.2255629	47.74437091	29.41	-0.669093854	43.30906146	44.44	-0.42773774	45.72262256	60	0.295359832	52.95359832
402	ด.ญ. ศุภาพัญ์ มีประสาน	14	-0.04051	49.59489913	36.36	-0.4789581	45.2104187	23.53	-0.990811624	40.09128376	77.78	1.133398547	61.333398547	60	0.295359832	52.95359832
403	นายณัฐวิทย์ ธรรมรักษ์	12	-0.43282	45.67181706	45.45	0.0272754	50.27275399	47.06	0.296786696	52.96786696	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58356226
404	น.ส. สุธิศา ยอดสุวรรณ	11	-0.62897	43.71027602	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	22.22	-1.46818311	35.31816893	40	-0.641643774	43.58356226
405	ด.ช. ธนวัฒน์ แสงทอง	12	-0.43282	45.67181706	27.27	-0.9851917	40.14808342	23.53	-0.990811624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
406	ด.ญ. ณัฐวัฒน์ สุรินทร์	10	-0.82513	41.74873498	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.173141971	48.26858029
407	นายณัฐภัทร กัศธรรมานนท์	15	0.155644	51.55644017	45.45	0.0272754	50.27275399	35.29	-0.347316084	46.52683916	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
408	น.ส. อรุณญา จันทรมหา	16	0.351798	53.51798121	59.09	0.78690415	57.86904147	47.06	0.296786696	52.96786696	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
409	ด.ช. ปิยะพงษ์ ขำศิริ	13	-0.23666	47.6333581	31.82	-0.7317964	42.48203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	77.78	1.133398547	61.333398547	40	-0.641643774	43.58356226
410	ด.ญ. อัญชลิตา ชัยชนะ	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	44.44	-0.42773774	45.72262256	60	0.295359832	52.95359832
411	น.ส. บัณฑิตา ศรีภูมิ	10	-0.82513	41.74873498	31.82	-0.7317964	42.48203562	47.06	0.296786696	52.96786696	33.33	-0.94796043	40.52039574	20	-1.578647379	34.21352621
412	นายธนพงษ์ แซ่อย่าง	8	-1.21743	37.82565291	27.27	-0.9851917	40.14808342	35.29	-0.347316084	46.52683916	22.22	-1.46818311	35.31816893	20	-1.578647379	34.21352621
413	ด.ญ. ปณณพ รุ่งระชา	20	1.136415	61.36414536	72.73	1.5465329	65.46532896	82.35	2.228000555	72.28000555	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
414	น.ส. สุณิศา มากมี	21	1.332569	63.32568639	72.73	1.5465329	65.46532896	82.35	2.228000555	72.28000555	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
415	น.ส. ช่อชนา แซ่โง้ง	7	-1.41359	35.86411187	13.64	-1.7442635	32.55736506	11.76	-1.634974404	33.65025596	33.33	-0.94796043	40.52039574	30	-1.110145576	38.89854424
416	นายไพฑูรย์ พนาเลิศกุล	9	-1.02128	39.78719395	27.27	-0.9851917	40.14808342	35.29	-0.347316084	46.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	20	-1.578647379	34.21352621
417	นายณัฐภัทร์ ปัญญาวัฒน์	10	-0.82513	41.74873498	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.173141971	48.26858029
418	นายณัฐภัทร์ บุญสม	9	-1.02128	39.78719395	27.27	-0.9851917	40.14808342	35.29	-0.347316084	46.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	20	-1.578647379	34.21352621
419	น.ส. อัจฉนา	9	-1.02128	39.78719395	27.27	-0.9851917	40.14808342	35.29	-0.347316084	46.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	20	-1.578647379	34.21352621

420	น.ส. เขมรวิภา ใจเย็น	6	-1.60974	33.90257084	13.64	-1.7442635	32.55736506	11.76	-1.634974404	33.65025596	22.22	-1.46818311	35.31816893	20	-1.578647379	34.21352621
421	นายอุดมเดช นนทีอ่อนจันทร์	6	-1.60974	33.90257084	13.64	-1.7442635	32.55736506	11.76	-1.634974404	33.65025596	22.22	-1.46818311	35.31816893	20	-1.578647379	34.21352621
422	น.ส. อธิพร มีชัย	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	44.44	-0.42773774	45.7262256	60	0.295359832	52.95359832
423	นายสุพาส	9	-1.02128	39.78719395	22.73	-1.23803	37.61970034	11.76	-1.634974404	33.65025596	44.44	-0.42773774	45.7262256	50	-0.1713141971	48.26858029
424	น.ส. ปาณิณี ใจวงศ์	6	-1.60974	33.90257084	13.64	-1.7442635	32.55736506	11.76	-1.634974404	33.65025596	22.22	-1.46818311	35.31816893	20	-1.578647379	34.21352621
425	นายณัฐพงษ์ นิยม	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	44.44	-0.42773774	45.7262256	60	0.295359832	52.95359832
426	นายอลอง เปียชา	8	-1.21743	37.82565291	27.27	-0.9851917	40.14803342	35.29	-0.347316084	46.52683916	22.22	-1.46818311	35.31816893	10	-2.047149182	29.52850818
427	น.ส. พนมบาวา	9	-1.02128	39.78719395	31.82	-0.7317964	42.68203562	35.29	-0.347316084	46.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	20	-1.578647379	34.21352621
428	นายสมภาณุ แซ่ย่าง	9	-1.02128	39.78719395	27.27	-0.9851917	40.14803342	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58356226
429	น.ส.พัชร์กานต์ ค่ำคำ	4	-2.00205	29.97948876	18.18	-1.4914252	35.08574814	23.53	-0.990871624	40.09128376	0	-2.50862847	24.9137153	0	-2.515650985	24.84349015
430	น.ส. จริญญา แซ่ย่าง	4	-2.00205	29.97948876	18.18	-1.4914252	35.08574814	23.53	-0.990871624	40.09128376	0	-2.50862847	24.9137153	0	-2.515650985	24.84349015
431	นายจิรภัทร อินแก้วคำศรี	9	-1.02128	39.78719395	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	40	-0.641643774	43.58356226
432	น.ส. ปณัฏา แซ่ญ	5	-1.8059	31.9410298	22.73	-1.23803	37.61970034	23.53	-0.990871624	40.09128376	11.11	-1.98840579	30.11594211	10	-2.047149182	29.52850818
433	นายสุพาส อ่อนจ้าว	10	-0.82513	41.74873498	36.36	-0.4789581	45.2104187	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.1713141971	48.26858029
434	ด.ญ. วรวิชุดา กับหา	12	-0.43282	45.67181706	36.36	-0.4789581	45.2104187	23.53	-0.990871624	40.09128376	44.44	-0.42773774	45.7262256	80	1.232363438	62.32363438
435	ด.ญ. ปภากรวิมล พงษ์อ้อย	8	-1.21743	37.82565291	22.73	-1.23803	37.61970034	17.65	-1.312649393	36.8735067	33.33	-0.94796043	40.52039574	20	-1.578647379	34.21352621
436	น.ส. ปรัชญากมล แซ่ย่าง	9	-1.02128	39.78719395	27.27	-0.9851917	40.14803342	23.53	-0.990871624	40.09128376	44.44	-0.42773774	45.7262256	30	-1.110145576	38.89854424
437	ด.ญ. จิตติมา เปี่ยมพงษ์	21	1.332569	63.32568639	72.73	1.5465329	65.46532896	82.35	2.228000555	72.28000555	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
438	น.ส. กศรา	7	-1.41359	35.86411187	27.27	-0.9851917	40.14803342	29.41	-0.669093854	43.30906146	11.11	-1.98840579	30.11594211	20	-1.578647379	34.21352621
439	น.ส. อธิสรณ์ ไหววงศ์	5	-1.8059	31.9410298	13.63	-1.7448204	32.55179593	17.65	-1.312649393	36.8735067	11.11	-1.98840579	30.11594211	10	-2.047149182	29.52850818
440	น.ส. ปัทมาพร ศรีมาตตะบุตร	12	-0.43282	45.67181706	31.82	-0.7317964	42.68203562	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
441	ด.ญ. สาทิภา หาญ	8	-1.21743	37.82565291	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	10	-2.047149182	29.52850818
442	ด.ช. จิรวัฒน์ จันทชูกลิ่น	15	0.155644	51.55644017	50	0.28067062	52.80670619	41.18	-0.024991074	49.7508926	55.56	0.092953184	50.92953184	60	0.295359832	52.95359832
443	ด.ญ. คาวจรัส ปัญญาทิ	14	-0.04051	49.59489913	45.45	0.0272754	50.27273399	41.18	-0.024991074	49.7508926	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
444	นายไกรวิชญ์ คำนวน	15	0.155644	51.55644017	50	0.28067062	52.80670619	35.29	-0.347316084	46.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	80	1.232363438	62.32363438
445	นายณัฐนันท์ หุ่นปิ้ง	9	-1.02128	39.78719395	31.82	-0.7317964	42.68203562	29.41	-0.669093854	43.30906146	33.33	-0.94796043	40.52039574	30	-1.110145576	38.89854424
446	ด.ช. นพกร คัมเชื้อ	10	-0.82513	41.74873498	27.27	-0.9851917	40.14803342	23.53	-0.990871624	40.09128376	55.56	0.092953184	50.92953184	40	-0.641643774	43.58356226
447	ด.ช. วรวิมล คัมเชื้อ	16	0.351798	53.51798121	54.55	0.53406584	55.34065839	41.18	-0.024991074	49.7508926	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
448	ด.ญ. อรรณภา ทาหมาราม	15	0.155644	51.55644017	54.55	0.53406584	55.34065839	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.7262256	70	0.763861635	57.63861635
449	ด.ญ. นันทิกานต์ น้อยด	15	0.155644	51.55644017	50	0.28067062	52.80670619	35.29	-0.347316084	46.52683916	55.56	0.092953184	50.92953184	80	1.232363438	62.32363438
450	น.ส. จัญญาน ก้อนน้อย	15	0.155644	51.55644017	50	0.28067062	52.80670619	35.29	-0.347316084	46.52683916	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.232363438	62.32363438
451	นายณวัฒน์ พงษ์อ้อย	15	0.155644	51.55644017	54.55	0.53406584	55.34065839	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.7262256	70	0.763861635	57.63861635
452	ด.ช. พิชญะ ศรีวิสิทธิ์	13	-0.23666	47.6333381	36.36	-0.4789581	45.2104187	23.53	-0.990871624	40.09128376	66.67	0.613175866	56.13175866	60	0.295359832	52.95359832
453	น.ส. รัญญิดา สุกัญญ	11	-0.62897	43.71027602	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	33.33	-0.94796043	40.52039574	50	-0.1713141971	48.26858029
454	น.ส. ปัทมา ทาวิน	12	-0.43282	45.67181706	40.91	-0.2255629	47.74437091	35.29	-0.347316084	46.52683916	44.44	-0.42773774	45.7262256	50	-0.1713141971	48.26858029

455	นส. พิมพ์า ดีเขียว	11	-0.62897	43.71027602	36.36	-0.4789581	452.104187	29.41	-0.669093854	43.30706146	44.44	-0.42773774	45.72262256	50	-0.173141971	48.26858029
456	คส. สิทธิพันธ์ กองขุมต	17	0.547952	55.47952225	54.55	0.53406584	55.34065839	47.06	0.296786696	52.96786696	66.67	0.613175866	56.13175866	70	0.763861635	57.63861635
457	คญ. ชัยภูมิกานต์ หอมดอกทอง	16	0.351798	53.51798121	59.09	0.78690415	57.86904147	41.18	-0.024991074	49.75008926	55.56	0.092953184	50.92953184	70	0.763861635	57.63861635
458	คส. พัชรวิญญ์ มณีสุด	17	0.547952	55.47952225	54.55	0.53406584	55.34065839	41.18	-0.024991074	49.75008926	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.232363438	62.32363438
459	นายสมภรณ์ ตนา	15	0.155644	51.55644017	45.05	0.0272754	50.27275399	29.41	-0.669093854	43.30706146	66.67	0.613175866	56.13175866	80	1.232363438	62.32363438
460	นส. สุชัยภูมิก กวีนมเรือ	15	0.155644	51.55644017	45.05	0.0272754	50.27275399	41.18	-0.024991074	49.75008926	55.56	0.092953184	50.92953184	80	1.232363438	62.32363438



mean	คะแนน	14.21
S.D		5.10
จำนวนผู้ตอบ		460
T-score>50		106
คิดเป็นร้อยละ		42.37
mean	พิศ	44.96
S.D		17.96
จำนวนผู้ตอบ		460
T-score>50		213
คิดเป็นร้อยละ		46.30
mean	พิศ	41.64
S.D		18.27
จำนวนผู้ตอบ		460
T-score>50		163
คิดเป็นร้อยละ		35.43
mean	บท	53.57
S.D		21.36
จำนวนผู้ตอบ		460
T-score>50		246
คิดเป็นร้อยละ		53.48
mean	ความ	53.70
S.D		21.34
จำนวนผู้ตอบ		460
T-score>50		227
คิดเป็นร้อยละ		49.35