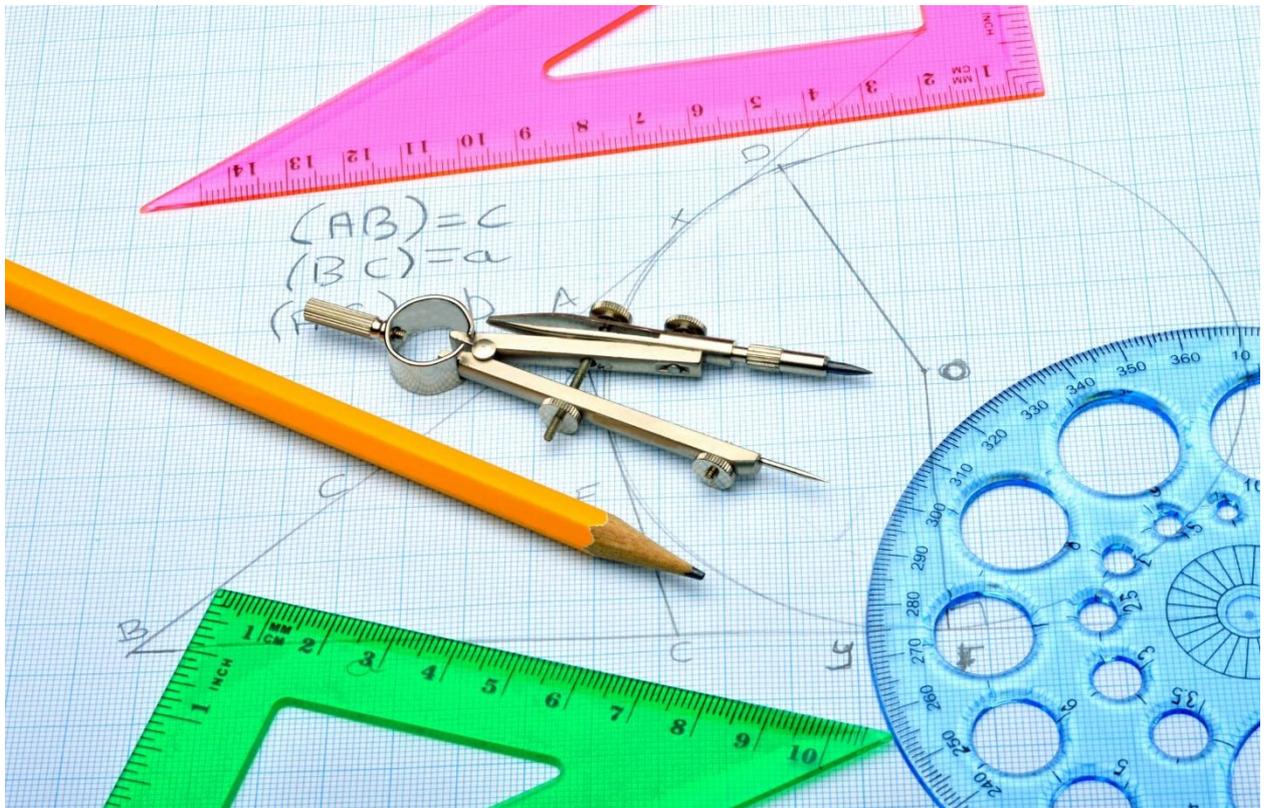


การวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

(Measurement and Evaluation for Mathematics)



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ตรีวิรัช ทินประภา
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ตำรา : การวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
(Measurement and Evaluation for Mathematics)

ผู้เขียน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ตรีวิรัช ทินประภา
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ปี พ.ศ. 2568

คำนำ

ตำราเล่มนี้เขียนขึ้นเพื่อเป็นตำราที่ใช้อ้างอิง หรือแหล่งเรียนรู้ของวิชาการวัดและประเมินผล
 คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาบังคับสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัย
 ราชภัฏสวนสุนันทา รวมทั้งเป็นเอกสารสำหรับผู้สนใจ การเขียนตำราเล่มนี้จะอิงจากคำอธิบาย
 รายวิชาวิชาการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
 คณิตศาสตร์ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2566 นอกจากนี้ยังได้เพิ่มเติมองค์ความรู้สมัยใหม่ เช่น การใช้
 ปัญญาประดิษฐ์สำหรับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ ตำราเล่มนี้ประกอบไปด้วย 8 บทดังนี้

บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

บทที่ 2 การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านมโนทัศน์

บทที่ 3 การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

บทที่ 4 การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

บทที่ 5 การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ตามสภาพจริง

บทที่ 6 การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ในระดับชาติ

บทที่ 7 การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ในระดับนานาชาติ

บทที่ 8 การใช้ประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์

ผู้เขียนต้องขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้สั่งสอน และมอบความรู้ต่าง ๆ รวมทั้งอาจารย์
 และนักวิชาการต่าง ๆ ได้ได้สละเวลาในเขียนหนังสือ บทความ หรือทำงานวิจัย ตามที่ได้อ้างอิง จน
 ผู้เขียนได้นำมาอ่าน ศึกษา และเกิดองค์ความรู้ และนำมาถ่ายทอดเป็นตำราเล่มนี้ หากมีข้อผิดพลาด
 ประการ สามารถแนะนำได้ที่ teerawit.ti@ssru.ac.th จะขอบพระคุณอย่างมาก

ตีรวิช ทินประภา

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์	1
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคณิตศาสตร์	1
จุดประสงค์และแนวทางการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์	6
องค์ประกอบในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์	9
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตัวชี้วัดระหว่างทางและตัวชี้วัดปลายทาง	11
สรุปประจำบทที่ 1	29
คำถามท้ายบทที่ 1	29
อ้างอิง	30
บทที่ 2 การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านมโนทัศน์	33
แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับลำดับขั้นของสติปัญญา	33
การสร้างเครื่องมือวัดและประเมินผลด้านพุทธิพิสัย	35
ข้อสอบ	36
การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านมโนทัศน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	45
สรุปประจำบทที่ 2	53
คำถามท้ายบทที่ 2	53
อ้างอิง	54
บทที่ 3 การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	57
ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	57
แนวทางการวัดและประเมินผลทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	64
สรุปประจำบทที่ 3	80
คำถามท้ายบทที่ 3	80

	หน้า
	81
บทที่ 4	83
การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	83
การออกแบบการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	84
นิยามและเครื่องวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	85
สรุปประจำบทที่ 4	99
คำถามท้ายบทที่ 4	99
อ้างอิง	100
บทที่ 5	101
การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ตามสภาพจริง	101
การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้วยโครงการคณิตศาสตร์	104
การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้วยแฟ้มสะสมงาน	115
สรุปประจำบทที่ 5	121
คำถามท้ายบทที่ 5	121
อ้างอิง	121
บทที่ 6	123
การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ในระดับชาติ	123
การทดสอบความสามารถพื้นฐานระดับชาติ	123
การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน	128
สรุปประจำบทที่ 6	133
คำถามท้ายบทที่ 6	133
อ้างอิง	134
บทที่ 7	137
การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ในระดับนานาชาติ	137
โครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์	137
ของผู้เรียนไทยเทียบกับนานาชาติ	
โปรแกรมประเมินสมรรถนะผู้เรียนมาตรฐานสากล	144
สรุปประจำบทที่ 7	164
คำถามท้ายบทที่ 7	165
อ้างอิง	165
บทที่ 8	167
การใช้ประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์	167
ChatGPT	169
Gemini	174
สรุปประจำบทที่ 8	164

	หน้า
คำถามท้ายบทที่ 8	165
อ้างอิง	165
บรรณานุกรม	167

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพ 1.1	องค์ประกอบในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์	10
ภาพ 7.1	ผลการประเมิน TIMSS วิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ของประเทศที่เข้าร่วมในปี 2023	141
ภาพ 7.2	ผลการประเมิน TIMSS วิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของประเทศที่เข้าร่วมในปี 2023	141
ภาพ 7.3	ตัวอย่างข้อสอบ TIMSS วิชาคณิตศาสตร์ของระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4	142
ภาพ 7.4	ตัวอย่างข้อสอบ TIMSS วิชาคณิตศาสตร์ของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	143
ภาพ 7.5	ผลการประเมิน PISA ความฉลาดรู้คณิตศาสตร์ ตั้งแต่ปี ค.ศ.2000 – 2022	144
ภาพ 7.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์วิภูจักรการแก้ปัญหา เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ บริบท และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ตามกรอบการประเมินคณิตศาสตร์ PISA 2022	145
ภาพ 8.1	ข้อสอบแบบเขียนตอบที่ได้จาก ChatGPT	171
ภาพ 8.2	แนวทางการให้คะแนนของข้อสอบแบบเลือกตอบที่ได้จาก ChatGPT	172
ภาพ 8.3	ข้อสอบแบบเขียนตอบที่ได้จาก Gemini	175

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 3.1 ตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงออกในแต่ละทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	65
ตาราง 3.2 ตัวอย่างแนวทางการให้คะแนนด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกรมวิชาการ	66
ตาราง 7.1 นวัตกรรม หัวข้อและน้ำหนักของเนื้อหาที่ใช้ในการประเมินของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในการประเมิน TIMSS 2023	138
ตาราง 7.2 นวัตกรรม หัวข้อและน้ำหนักของเนื้อหาที่ใช้ในการประเมินของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการประเมิน TIMSS 2023	138
ตาราง 7.3 รายละเอียดของการประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญาด้านความรู้	139
ตาราง 7.4 รายละเอียดของการประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญาด้านการประยุกต์ใช้ความรู้	139
ตาราง 7.5 รายละเอียดของการประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญาด้านการใช้เหตุผล	139

บทที่ 1

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

เมื่อก้าวถึงคณิตศาสตร์ แต่ละคนจะมีภาพในใจหรือมีความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันออกไป บางคนมองว่าคณิตศาสตร์มีความซับซ้อนและนำมาใช้ในชีวิตจริงได้น้อย บางคนมีภาพการคำนวณและสามารถทำคะแนนได้ดี แต่เมื่อพิจารณาจากพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถานได้ให้ความหมายคณิตศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่ว่าด้วยการคำนวณ (ราชบัณฑิตสถาน, 2556) หรือ James (1918) ได้ให้ความหมายคณิตศาสตร์ว่าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับรูปร่าง ข้อตกลง ปริมาณ และความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการรับรู้คณิตศาสตร์ของคนโดยทั่วไป แต่ปัจจุบันคณิตศาสตร์มีความหมายและการศึกษาที่กว้างขึ้น และนำไปใช้ในชีวิตจริงอย่างหลากหลาย ดังนั้นการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์จึงต้องปรับเปลี่ยน ทั้งในด้านมโนทัศน์ (concept) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้

สำหรับผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์นอกจากจะมีมโนทัศน์ ความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์แล้ว ต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย ตั้งแต่ พ.ศ. 2544 เป็นต้นมา หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ถูกออกแบบโดยใช้แนวคิดหลักสูตรอิงมาตรฐาน (Standard-based Curriculum) ซึ่งเป็นหลักสูตรที่กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน และมีการพัฒนาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน จนปัจจุบันเป็นหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีการกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้เรียนพึงรู้และปฏิบัติได้เมื่อสำเร็จการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในแต่ละชั้นปี (ป.1-ม.6) จะกำหนดตัวชี้วัด ซึ่งตัวชี้วัดจะระบุสิ่งที่ผู้เรียนควรรู้และปฏิบัติได้เมื่อสำเร็จการศึกษาในชั้นปีนั้น ๆ รวมทั้งกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนในแต่ละชั้นปี ซึ่งจะสะท้อนถึงคุณภาพผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดเนื้อหาวิชาออกเป็น 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ โดยมีคณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในสาระการเรียนรู้ และในปี พ.ศ. 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีการปรับปรุงมาตรฐานและตัวชี้วัด ทำให้ปัจจุบันกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ประกอบไปด้วย 3 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต และสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กำหนดเป้าหมายของหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบหลักสูตรมีดังนี้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด หลักการ ทฤษฎีในสาขาคณิตศาสตร์ที่จำเป็น พร้อมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ได้
2. มีความสามารถในการแก้ปัญหา สื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เชื่อมโยง ให้เหตุผล และมีความคิดสร้างสรรค์
3. มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ เห็นคุณค่าและตระหนักถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น ตลอดจนการประกอบอาชีพ
4. มีความสามารถในการเลือกใช้สื่อ อุปกรณ์ เทคโนโลยีและแหล่งข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน และการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ยังได้กำหนดมโนทัศน์ และตัวชี้วัดทั้ง 3 สาระ ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับ ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การประมาณค่า การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน การใช้จำนวนในชีวิตจริง แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซต ตรรกศาสตร์ นิพจน์ เอกนาม พหุนาม สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน ลำดับและอนุกรม และการนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิตมี 3 มาตรฐาน ดังนี้

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการอธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับ ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร และความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิต การนี้ภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิตในเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิตมี 2 มาตรฐาน ดังนี้

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดสิ่งของที่ต้องการวัด และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น เรียนรู้เกี่ยวกับ การตั้งคำถามทางสถิติ การเก็บรวบรวม ข้อมูล การคำนวณค่าสถิติ การนำเสนอและแปลผลสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ หลักการ นับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็นมี 2 มาตรฐาน ดังนี้

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังได้กำหนดคุณภาพของ ผู้เรียนซึ่งเป็นเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษา ในแต่ละชั้นดังนี้

จบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

- อ่าน เขียนตัวเลข ตัวหนังสือแสดงจำนวนนับไม่เกิน 100,000 และ 0 มีความรู้สึก เชิงจำนวน มีทักษะการบวก การลบ การคูณ การหาร และนำไปใช้ในสถานการณ์ ต่าง ๆ
- มีความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวกับเศษส่วนที่ไม่เกิน 1 มีทักษะการบวก การลบ เศษส่วน ที่ตัวส่วนเท่ากัน และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ
- คาดคะเนและวัดความยาว น้ำหนัก ปริมาตร ความจุ เลือกใช้เครื่องมือและหน่วยที่ เหมาะสม บอกเวลา บอกจำนวนเงิน และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ
- จำแนกและบอกลักษณะของรูปหลายเหลี่ยม วงกลม วงรี ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรง กลม ทรงกระบอก และกรวย เขียนรูปหลายเหลี่ยม วงกลม และวงรีโดยใช้แบบ ของรูป ระบุรูปเรขาคณิตที่มีแกนสมมาตรและจำนวน แกนสมมาตร และนำไปใช้ใน สถานการณ์ต่าง ๆ

- อ่านและเขียนแผนภูมิรูปภาพ ตารางทางเดียวและนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

จบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

- อ่าน เขียนตัวเลข ตัวหนังสือแสดงจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยมไม่เกิน 3 ตำแหน่ง อัตราส่วน และร้อยละ มีความรู้สึกเชิงจำนวน มีทักษะการบวก การลบ การคูณ การหาร ประมาณผลลัพธ์และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ
- อธิบายลักษณะและสมบัติของรูปเรขาคณิต หาความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปเรขาคณิต สร้างรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม และวงกลม หาปริมาตรและความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ
- นำเสนอข้อมูลในรูปแผนภูมิแท่ง ใช้ข้อมูลจากแผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปวงกลม ตารางสองทาง และกราฟเส้น ในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และตัดสินใจ

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนจริง ความสัมพันธ์ของจำนวนจริง สมบัติของจำนวนจริง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร และอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพหุนาม การแยกตัวประกอบของพหุนาม สมการกำลังสอง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคู่อันดับ กราฟของความสัมพันธ์ และฟังก์ชันกำลังสอง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจทางเรขาคณิตและใช้เครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตอื่น ๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิต ตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติ
- มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวยและทรงกลม และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของเส้นขนาน รูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ รูปสามเหลี่ยมคล้าย ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการแปลงทางเรขาคณิต และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องทฤษฎีบทเกี่ยวกับวงกลม และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
- มีความรู้ความเข้าใจทางสถิติในการนำเสนอข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแผนภาพจุด แผนภาพต้น-ใบ ฮิสโทแกรม ค่ากลางของข้อมูล และแผนภาพกล่อง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริงโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความน่าจะเป็น และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

- เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเซตและตรรกศาสตร์เบื้องต้น ในการสื่อสาร และสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์
- เข้าใจและใช้หลักการนับเบื้องต้น การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา และนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้
- นำความรู้เกี่ยวกับเลขยกกำลัง พังกัซัน ลำดับและอนุกรม ไปใช้ในการแก้ปัญหารวมทั้งปัญหาเกี่ยวกับดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน
- เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอข้อมูล และแปลความหมายข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจ

จุดประสงค์และแนวทางการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

เมื่อกล่าวถึงการวัดและประเมินผล มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของคำว่า การวัดและประเมินผลไว้หลากหลายสามารถสรุปได้ดังนี้

การวัดผล (Measurement) เป็นกระบวนการที่ได้มาซึ่งตัวเลขที่มีความหมายแทนพฤติกรรมทักษะและกระบวนการหรือคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งที่ต้องการวัดอย่างมีกฎเกณฑ์ กระบวนการที่ได้มาซึ่งผลของการวัดผลทางการศึกษานั้น อาจใช้เครื่องมือวัดที่หลากหลาย เช่น แบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบสัมภาษณ์ เป็นต้น (อนุวัติ คุณแก้ว, 2566; สมชาย วรภิเกษมสกุล, 2567)

การประเมินผล (Evaluation) เป็นกระบวนการที่นำผลที่ได้จากการวัดมาพิจารณา วิเคราะห์ หรือแปลความ เพื่อตัดสินหรือสรุปคุณภาพหรือคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ได้ว่า ผ่านหรือไม่ผ่าน ดีหรือไม่ดี เก่งกว่าหรืออ่อนกว่า ซึ่งการประเมินผล (evaluation) จะพิจารณาตัดสินคุณภาพ แต่การประเมินผล (assessment) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล สารสนเทศทั้งเชิงปริมาณ และเชิงบรรยายอย่างเป็นระบบ แล้วนำสารสนเทศที่รวบรวมได้มาเรียบเรียงให้เห็นคุณลักษณะที่แท้จริง ทั้งจุดเด่นที่ควรพัฒนา และจุดด้อยที่ควรปรับปรุงแก้ไข (อนุวัติ คุณแก้ว, 2566; สมชาย วรภิเกษมสกุล, 2567)

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2553) ได้อธิบายการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในชั้นเรียน (Classroom Assessment) เป็นกระบวนการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ ตีความ บันทึกข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินทั้งที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ โดยการดำเนินการดังกล่าวเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาของการจัดการเรียนรู้ นับตั้งแต่ก่อนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด นำผลที่ได้มาตีค่าเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดในตัวชี้วัดของมาตรฐานสาระการเรียนรู้ของหลักสูตร ข้อมูลที่ได้ก็นำไปใช้ในการให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความก้าวหน้า จุดเด่น จุดที่ต้องปรับปรุงให้แก่ผู้เรียน การตัดสินผลการเรียนรู้รวบยอดในเรื่องหรือหน่วยการเรียนรู้ หรือในรายวิชาและการวางแผน ออกแบบการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน ()

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ม.ป.ป.) ได้อธิบายการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ในปัจจุบันจะมุ่งเน้นการวัดและการประเมินการปฏิบัติงานในสภาพที่เกิดขึ้นจริงหรือที่ใกล้เคียงกับสภาพจริง รวมทั้งการประเมินเกี่ยวกับสมรรถภาพของผู้เรียนเพิ่มเติมจากความรู้ที่ได้จากการท่องจำ โดยใช้วิธีการประเมินที่หลากหลายจากการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงได้เผชิญกับปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลอง ได้แก่ปัญหา สืบค้นข้อมูล และนำความรู้ไปใช้รวมทั้งแสดงออกทางความคิด การวัดผลประเมินผลดังกล่าวมีจุดประสงค์สำคัญดังต่อไปนี้

1. เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและตัดสินผลการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด เพื่อนำผลที่ได้จากการตรวจสอบไปปรับปรุงพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการ เรียนรู้ที่ดียิ่งขึ้น

2. เพื่อวินิจฉัยความรู้ทางคณิตศาสตร์และทักษะที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ในชีวิตจริง เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา การสืบค้น การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมาย การนำความรู้ ไปใช้การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การควบคุมกระบวนการคิด และนำผลที่ได้จากการวินิจฉัย ผู้เรียนไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม

3. เพื่อรวบรวมข้อมูลและจัดทำสารสนเทศด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลจากการ ประเมินผลที่ได้ในการสรุปผลการเรียนของผู้เรียน และเป็นข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียนหรือผู้เกี่ยวข้อง ตามความเหมาะสม รวมทั้งนำสารสนเทศไปใช้วางแผนบริหารการจัดการศึกษาของสถานศึกษา การกำหนดจุดประสงค์ของการวัดผลประเมินผลอย่างชัดเจน จะช่วยให้เลือกใช้วิธีการและเครื่องมือ วัดผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวัดได้ในสิ่งที่ต้องการวัด และนำผลที่ได้ไปใช้งานได้จริง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ม.ป.ป.) ได้อธิบายแนวทางสำคัญของ การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์มีดังนี้

1. การวัดผลประเมินผลต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง โดยใช้คำถามเพื่อตรวจสอบและส่งเสริม ความรู้ความเข้าใจด้านเนื้อหา ส่งเสริมให้เกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังตัวอย่าง คำถามต่อไปนี้ “ผู้เรียนแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร” “ใครมีวิธีการนอกเหนือไปจากนี้บ้าง” “ผู้เรียนคิด อย่างไรกับวิธีการที่เพื่อนเสนอ” การกระตุ้นด้วยคำถามที่เน้นการคิดจะทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ผู้เรียนด้วยกันเอง และระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผู้เรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น นอกจากนี้ผู้สอนยัง สามารถใช้คำตอบของผู้เรียนเป็นข้อมูลเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ และพัฒนาการด้านทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อีกด้วย การวัดผลประเมินผลต้องสอดคล้องกับความรู้ ความสามารถของผู้เรียนที่ระบุไว้ตามตัวชี้วัดซึ่งกำหนดไว้ในหลักสูตรที่สถานศึกษาใช้เป็นแนวทางใน การจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนจะต้องกำหนดวิธีการวัดผลประเมินผล เพื่อใช้ตรวจสอบว่าผู้เรียนได้ บรรลุผลการเรียนรู้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ และต้องแจ้งผลประเมินในแต่ละเรื่องให้ผู้เรียนทราบโดย ทางตรงหรือทางอ้อมเพื่อให้ผู้เรียนได้ปรับปรุงตนเอง

2. การวัดผลประเมินผลต้องครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์โดยเน้นการเรียนรู้ด้วยการทำงานหรือทำกิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิด สมรรถภาพทั้งสามด้าน ซึ่งงานหรือกิจกรรมดังกล่าวควรมีลักษณะดังนี้

- สารในงานหรือกิจกรรมต้องเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้การเชื่อมโยงความรู้หลายเรื่อง
- วิธีหรือทางเลือกในการดำเนินงานหรือการแก้ปัญหาที่หลากหลาย
- เงื่อนไขหรือสถานการณ์ของปัญหามีลักษณะปลายเปิด เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงความสามารถตามศักยภาพของตน
- งานหรือกิจกรรมต้องเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนได้ใช้การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การพูด การเขียน การวาดภาพ
- งานหรือกิจกรรมควรมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ซึ่งจะก่อให้เกิดความตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์

3. การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต้องใช้วิธีการที่หลากหลายและเหมาะสม และใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลและสนเทศเกี่ยวกับผู้เรียน เช่น เมื่อต้องการวัดผลประเมินผลเพื่อตัดสินผลการเรียนอาจใช้การทดสอบ การตอบคำถาม การทำแบบฝึกหัด การทำใบกิจกรรม หรือการทดสอบย่อย เมื่อต้องการตรวจสอบพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อาจใช้การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ การสัมภาษณ์ การจัดทำแฟ้มสะสมงาน หรือการทำโครงการ การเลือกใช้วิธีการวัดที่เหมาะสมและเครื่องมือที่มีคุณภาพ จะทำให้สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้ ซึ่งจะทำให้ผู้สอนได้ข้อมูลและสนเทศเกี่ยวกับผู้เรียนอย่างครบถ้วนและตรงตามวัตถุประสงค์ของการวัดผลประเมินผล อย่างไรก็ตามผู้สอนควรตระหนักว่าเครื่องมือวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ที่ใช้ในการประเมินตามวัตถุประสงค์หนึ่ง ไม่ควรนำมาใช้กับอีกวัตถุประสงค์หนึ่ง เช่น แบบทดสอบที่ใช้ในการแข่งขันหรือการคัดเลือกไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ตัดสินผลการเรียนรู้

4. การวัดผลประเมินผลเป็นกระบวนการที่ใช้สะท้อนความรู้ความสามารถของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนมีข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองให้ดีขึ้น ในขณะที่ผู้สอนสามารถนำผลการประเมินมาใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งปรับปรุงการสอนของผู้สอนให้มีประสิทธิภาพ จึงต้องวัดผลประเมินผลอย่างสม่ำเสมอและนำผลที่ได้มาใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจะแบ่งการประเมินผลเป็น 3 ระยะดังนี้

การประเมินก่อนเรียน เป็นการประเมินความรู้พื้นฐานและทักษะจำเป็นที่ผู้เรียนควรมีก่อนการเรียนรายวิชา บทเรียนหรือหน่วยการเรียนรู้ใหม่ ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลประเมินผลจะช่วยให้ผู้สอนนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

- จัดกลุ่มผู้เรียนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ตรงตามความถนัด ความสนใจ และความสามารถของผู้เรียน
- วางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยผู้สอนพิจารณาเลือกตัวชี้วัด เนื้อหาสาระ กิจกรรมแบบฝึกหัด อุปกรณ์ และสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับความรู้พื้นฐานและทักษะของผู้เรียน และสอดคล้องกับการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

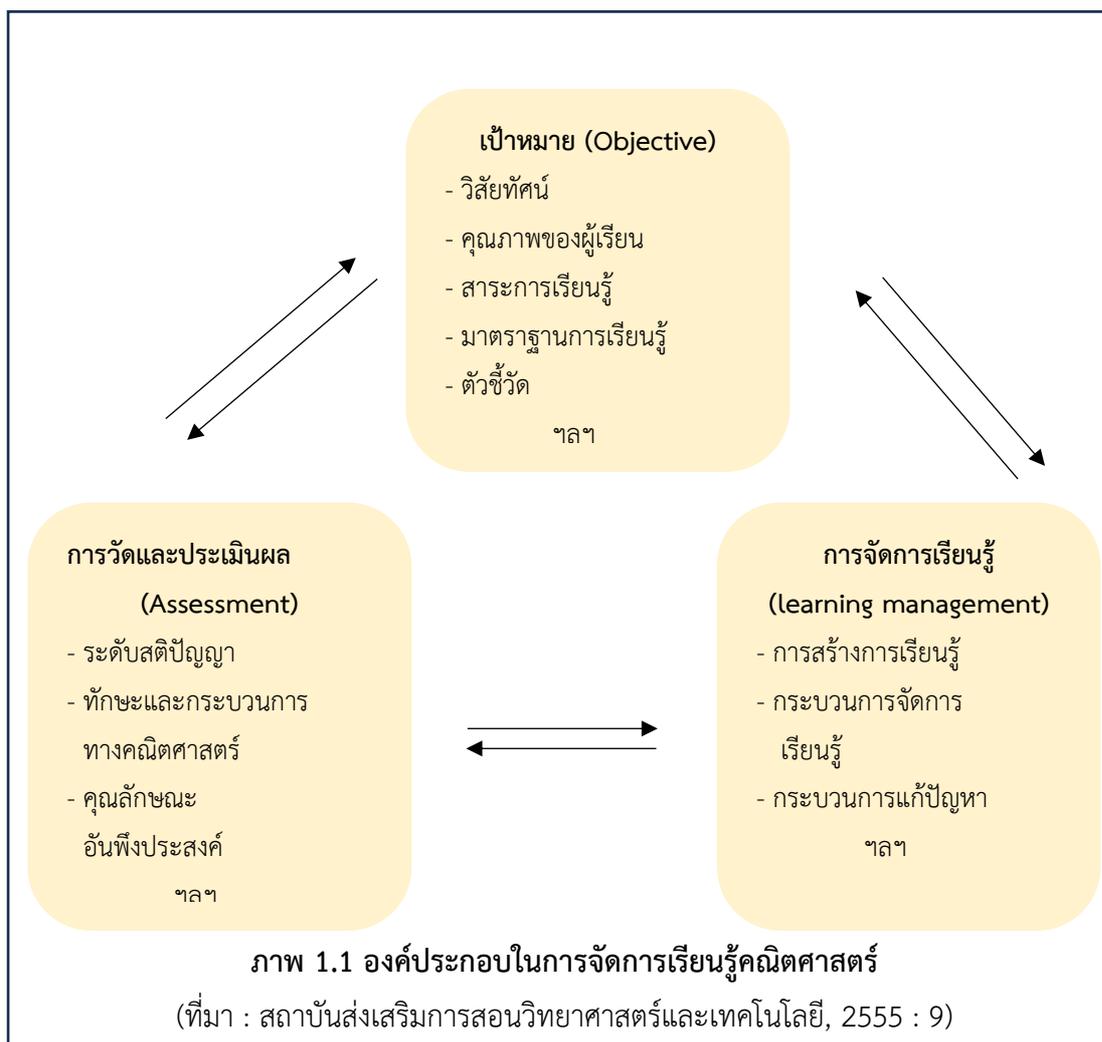
การประเมินระหว่างเรียน เป็นการประเมินเพื่อวินิจฉัยผู้เรียนในระหว่างการเรียนรู้ ข้อมูลที่ได้จะช่วยให้ผู้สอนสามารถดำเนินการในเรื่องต่อไปนี้

- ศึกษาพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นระยะ ๆ ว่าผู้เรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นเพียงใด ถ้าพบว่าผู้เรียนไม่มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นผู้สอนจะได้หาทางแก้ไขได้ทันที่
- ปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน ถ้าพบว่าผู้เรียนไม่เข้าใจบทเรียนใดจะได้จัดให้เรียนซ้ำ หรือผู้เรียนเรียนรู้บทใดได้เร็วกว่าที่กำหนดไว้จะได้ปรับวิธีการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ทราบจุดเด่นและจุดด้อยของผู้เรียนแต่ละคน

การประเมินหลังเรียน เป็นการประเมินเพื่อนำผลที่ได้ไปใช้สรุปผลการเรียนรู้หรือเป็นการวัดผลประเมินผลแบบสรุปรวบยอดหลังจากสิ้นสุดภาค การศึกษา หรือปีการศึกษาของผู้เรียน รวมทั้งผู้สอนสามารถนำผลการประเมินที่ได้ไปใช้ในการวางแผนและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

องค์ประกอบในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ระบุในหลักสูตร กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง การบูรณาการสิ่งเหล่านี้เข้าด้วยกันจะส่งผลให้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีคุณค่าต่อผู้เรียน และช่วยให้การจัดการเรียนรู้ในสถานศึกษาประสบความสำเร็จยิ่งขึ้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงได้ดังภาพ 1.1 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)



การบูรณาการเนื้อหาสาระตามหลักสูตร กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้เข้าด้วยกัน จะต้องพิจารณาประเด็นสำคัญต่อไปนี้

1. ความสอดคล้องระหว่างแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของสถานการศึกษา กับ สารการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และตัวชี้วัด ความต้องการของท้องถิ่น ความเหมาะสมกับวัย ระดับพัฒนาการ และประสบการณ์ของผู้เรียน ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และแผนการจัดการเรียนรู้
2. กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการจัดการเรียนรู้ และแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลายและเหมาะสมต่อความรู้ความสามารถของผู้เรียน
3. การมีส่วนร่วมของผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ของสถานการศึกษาในการจัดทำกรอบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เกณฑ์การประเมิน และดำเนินการวัดและประเมินผลการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอตามมาตรฐานที่กำหนด

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตัวชี้วัดระหว่างทางและตัวชี้วัดปลายทาง

เมื่อวันที่ 23 มิถุนายน 2566 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ออกหนังสือราชการเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับตัวชี้วัดระหว่างทางและตัวชี้วัดปลายทาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งประกาศฉบับนี้ได้อธิบายถึงความจำเป็นในการกำหนดตัวชี้วัดระหว่างทางและตัวชี้วัดปลายทาง โดยอธิบายว่าเนื่องด้วยเดิมตัวชี้วัดมากเกินไป และซ้ำซ้อน ทำให้ผู้สอนต้องใช้เวลามากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลที่มากจึงจะทำให้ผู้เรียนบรรลุตามคุณภาพที่กำหนด และเพื่อให้การจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้สอนมีความยืดหยุ่น คล่องตัว และผู้เรียนได้เข้าถึงองค์ความรู้ใหม่ ๆ เพื่อการพัฒนาตนเองที่ตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลก จึงได้กำหนดแนวทางการวัดและประเมินการเรียนรู้ตัวชี้วัดระหว่างทางและตัวชี้วัดปลายทาง พร้อมทั้งเกณฑ์ตัดสินผลการเรียน ดังนี้ (คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2566)

ตัวชี้วัดระหว่างทาง เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเน้นการประเมินในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียนเป็นหลัก (Formative Assessment) ผ่านมิติทัศน์ของการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Assessment for learning) และการประเมินขณะเรียนรู้ (Assessment as learning) ด้วยวิธีการประเมินที่หลากหลายโดยเน้นการวัดและประเมินผลแบบไม่เป็นทางการ (Informal Assessment) เช่น การสังเกตพฤติกรรม การสอบปากเปล่า การพูดคุย การใช้คำถาม การเขียนสะท้อนการเรียนรู้ การประเมินตนเอง เพื่อนประเมินเพื่อน เป็นต้น การวัดและประเมินผลแบบไม่เป็นทางการ (Informal Assessment) เป็นการได้มาซึ่งข้อมูลผลการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นรายบุคคล จากแหล่งข้อมูลหลากหลายที่ผู้สอนเก็บรวบรวมตลอดเวลา วิเคราะห์ข้อมูล ศึกษาความพร้อม และพัฒนาการของผู้เรียน ปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม และแก้ไขปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียน ลักษณะของข้อมูลที่ได้นอกเหนือจากตัวเลขหรือข้อมูลเชิงปริมาณแล้ว อาจเป็นข้อมูลบรรยายลักษณะพฤติกรรมที่ผู้สอนเฝ้าสังเกต หรือผลการเรียนรู้ในลักษณะคำอธิบายระดับพัฒนาการ จุดแข็ง จุดอ่อน หรือปัญหาของผู้เรียนที่พบจากการสังเกต สัมภาษณ์ หรือวิธีการอื่น ๆ ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล ช่วยให้ผู้สอนเข้าใจพฤติกรรมของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี และเป็นวิธีการที่ยืดหยุ่นตามสถานการณ์และบริบทของผู้สอนผู้สอน

ตัวชี้วัดปลายทาง เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นที่การประเมินผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน (Summative Assessment) ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เน้นการวัดและประเมินผลแบบเป็นทางการ (Formal Assessment) เช่น การประเมินการปฏิบัติ การประเมินแฟ้มสะสมงาน การประเมินด้วยแบบทดสอบ การประเมินชิ้นงาน/ภาระงาน เป็นต้น การเก็บข้อมูล

ดังกล่าวใช้ในการวัดและประเมินผลที่ได้ผลเป็นคะแนนและนำไปใช้ในการเปรียบเทียบ เช่น เปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน เพื่อดูพัฒนาการหรือใช้เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ เมื่อสิ้นสุดการสอนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ หรือรายวิชา วิธีการและเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลผลการเรียนรู้แบบเป็นทางการ (Formal Assessment) เป็นตัวแทนของระดับความสามารถของผู้เรียน เป็นข้อมูลที่ต้องได้มาจากวิธีการวัดที่เหมาะสมกับลักษณะ ข้อมูล เครื่องมือวัดและประเมินผลมีความเที่ยงตรง (Validity) และมีความเชื่อมั่น (Reliability) มีความโปร่งใส สามารถตรวจสอบและเชื่อถือได้ (Acceptable)

เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนระดับประถมศึกษา

- ผู้เรียนต้องมีเวลาเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของเวลาเรียน
- ผู้เรียนต้องได้รับการตัดสินตัวชี้วัดปลายทางผ่านตามเกณฑ์ที่สถานศึกษากำหนด
- ผู้เรียนต้องได้รับการตัดสินผลการเรียนทุกรายวิชา
- ผู้เรียนต้องได้รับการประเมินและมีผลการประเมินผ่านตามเกณฑ์ที่สถานศึกษากำหนด ในการอ่าน คิดวิเคราะห์ และเขียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน

เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนระดับมัธยมศึกษา

- ผู้เรียนต้องมีเวลาเรียนตลอดภาคเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของเวลาเรียนทั้งหมดในรายวิชานั้น ๆ
- ผู้เรียนต้องได้รับการตัดสินตัวชี้วัดปลายทางผ่านตามเกณฑ์ที่สถานศึกษากำหนด
- ผู้เรียนต้องได้รับการตัดสินผลการเรียนทุกรายวิชา
- ผู้เรียนต้องได้รับการประเมินและมีผลการประเมินผ่านตามเกณฑ์ที่สถานศึกษากำหนด ในการอ่าน คิดวิเคราะห์ และเขียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้กำหนดตัวชี้วัดระหว่างทาง และตัวชี้วัดปลายทาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มี 10 ตัวชี้วัด เป็นตัวชี้วัดระหว่างทาง 3 ตัว และตัวชี้วัดปลายทาง 7 ตัว มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการสมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้		
1	ค 1.1 ป.1/1 บอกจำนวนของสิ่งต่าง ๆ แสดงสิ่งต่าง ๆ ตามจำนวนที่กำหนด อ่านและเขียนตัวเลขฮินดูอารบิก ตัวเลขไทยแสดงจำนวนนับไม่เกิน 100 และ 0	ค 1.1 ป.1/3 เรียงลำดับจำนวนนับไม่เกิน 100 และ 0 ตั้งแต่ 3 ถึง 5 จำนวน ค 1.1 ป.1/5 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาการบวกและโจทย์ปัญหาการลบของจำนวนนับไม่เกิน 100 และ 0
	ค 1.1 ป.1/2 เปรียบเทียบจำนวนนับไม่เกิน 100 และ 0 โดยใช้เครื่องหมาย = ≠ > <	
	ค 1.1 ป.1/4 หาค่าของตัวไม่ทราบค่าในประโยคสัญลักษณ์แสดงการบวกและประโยคสัญลักษณ์แสดงการลบของจำนวนนับไม่เกิน 100 และ 0	
มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ พังกัซัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้		
2	-	ค 1.2 ป.1/1 ระบุจำนวนที่หายไป ในแบบรูปของจำนวนที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงทีละ 1 และทีละ 10 และระบุรูปที่หายไป ในแบบรูปซ้ำของรูปเรขาคณิตและรูปอื่น ๆ ที่สมาชิกในแต่ละชุดที่ซ้ำมี 2 รูป

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้		
3	-	ค 2.1 ป.1/1 วัดและเปรียบเทียบความยาวเป็นเซนติเมตร เป็นเมตร
4	-	ค 2.1 ป.1/2 วัดและเปรียบเทียบน้ำหนักเป็นกิโลกรัม เป็นขีด
มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้		
5	-	ค 2.2 ป.1/1 จำแนกรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมวงกลม วงรี ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรงกลม ทรงกระบอก และกรวย

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา		
6	-	ค 3.1 ป.1/1 ใช้ข้อมูลจาก แผนภูมิรูปภาพในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา เมื่อกำหนดรูป 1 รูป แทน 1 หน่วย

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 มี 16 ตัวชี้วัด เป็นตัวชี้วัดระหว่างทาง 8 ตัว และตัวชี้วัดปลายทาง 8 ตัว มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการและนำไปใช้		
1	ค 1.1 ป.2/1 บอกจำนวนของสิ่งต่าง ๆ แสดงสิ่งต่าง ๆ ตามจำนวนที่กำหนด อ่านและเขียนตัวเลขฮินดูอารบิกตัวเลขไทยตัวหนังสือแสดงจำนวนนับไม่เกิน 1,000 และ 0	ค 1.1 ป.2/3 เรียงลำดับจำนวนนับไม่เกิน 1,000 และ 0 ตั้งแต่ 3 ถึง 5 จำนวนจากสถานการณ์ต่าง ๆ ค 1.1 ป.2/8 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหา 2 ขั้นตอนของจำนวนนับไม่เกิน 1,000 และ 0
	ค 1.1 ป.2/2 เปรียบเทียบจำนวนนับไม่เกิน 1,000 และ 0 โดยใช้เครื่องหมาย = ≠ > <	-
	ค 1.1 ป.2/4 หาค่าของตัวไม่ทราบค่าในประโยคสัญลักษณ์แสดงการบวกและประโยคสัญลักษณ์แสดงการลบของจำนวนนับไม่เกิน 1,000 และ 0	-
	ค 1.1 ป.2/5 หาค่าของตัวไม่ทราบค่าในประโยคสัญลักษณ์แสดงการคูณของจำนวน 1 หลักกับจำนวนไม่เกิน 2 หลัก	-
	ค 1.1 ป.2/6 หาค่าของตัวไม่ทราบค่าในประโยคสัญลักษณ์แสดงการหารที่ตัวตั้งไม่เกิน 2 หลักตัวหาร 1 หลัก โดยที่ผลหารมี 1 หลักทั้งหารลงตัวและหารไม่ลงตัว	-
	ค 1.1 ป.2/7 หาผลลัพธ์การบวก ลบ คูณ หารระคนของจำนวนนับไม่เกิน 1,000 และ 0	-

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้		
2	-	ค 2.1 ป.2/1 แสดงวิธีหาค่าตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเวลาที่มีหน่วยเดียวและเป็นหน่วยเดียวกัน
3	ค 2.1 ป.2/2 วัดและเปรียบเทียบความยาวเป็นเมตรและเซนติเมตร	ค 2.1 ป.2/3 แสดงวิธีหาค่าตอบของโจทย์ปัญหาการบวก การลบ เกี่ยวกับความยาวที่มีหน่วยเป็นเมตรและเซนติเมตร
4	ค 2.1 ป.2/4 วัดและเปรียบเทียบน้ำหนักเป็นกิโลกรัมและกรัม กิโลกรัมและขีด	ค 2.1 ป.2/5 แสดงวิธีหาค่าตอบของโจทย์ปัญหาการบวก การลบเกี่ยวกับน้ำหนักที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัมและกรัม กิโลกรัมและขีด
5	-	ค 2.1 ป.2/6 วัดและเปรียบเทียบปริมาตรและความจุเป็นลิตร
มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้		
6	-	ค 2.2 ป.2/1 จำแนกและบอกลักษณะของรูปหลายเหลี่ยมและวงกลม

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา		
7	-	ค 3.1 ป.2/1 ใช้ข้อมูลจากแผนภูมิรูปภาพในการหาค่าตอบของโจทย์ปัญหาเมื่อกำหนดรูป 1 รูป แทน 2 หน่วย 5 หน่วย หรือ 10 หน่วย

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มี 28 ตัวชี้วัด เป็นตัวชี้วัดระหว่างทาง 15 ตัว และตัวชี้วัดปลายทาง 13 ตัว มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการและนำไปใช้		
1	ค 1.1 ป.3/1 อ่านและเขียนตัวเลขฮินดูอารบิก ตัวเลขไทยและตัวหนังสือแสดงจำนวนนับไม่เกิน 100,000 และ 0	ค 1.1 ป.3/2 เปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนนับไม่เกิน 100,000 จากสถานการณ์ต่าง ๆ

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
	ค 1.1 ป.3/5 หาค่าของตัวไม่ทราบค่าในประโยคสัญลักษณ์แสดงการบวกและประโยคสัญลักษณ์แสดงการลบของจำนวนนับไม่เกิน 100,000 และ 0	ค 1.1 ป.3/9 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหา 2 ขั้นตอนของจำนวนนับไม่เกิน 100,000 และ 0
	ค 1.1 ป.3/6 หาค่าของตัวไม่ทราบค่าในประโยคสัญลักษณ์แสดงการคูณของจำนวน 1 หลักกับจำนวนไม่เกิน 4 หลัก และจำนวน 2 หลักกับจำนวน 2 หลัก	
	ค 1.1 ป.3/7 หาค่าของตัวไม่ทราบค่าในประโยคสัญลักษณ์แสดงการหารที่ตัวตั้งไม่เกิน 4 หลักตัวหาร 1 หลัก	
	ค 1.1 ป.3/8 หาผลลัพธ์การบวก ลบ คูณ หารระคนของจำนวนนับไม่เกิน 100,000 และ 0	
2	ค 1.1 ป.3/3 บอก อ่าน และเขียนเศษส่วนแสดงปริมาณสิ่งต่าง ๆ และแสดงสิ่งต่าง ๆ ตามเศษส่วนที่กำหนด	ค 1.1 ป.3/4 เปรียบเทียบเศษส่วนที่ตัวเศษเท่ากันโดยที่ตัวเศษน้อยกว่าหรือเท่ากับตัวส่วน ค 1.1 ป.3/11 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาการบวกเศษส่วนที่มีตัวส่วนเท่ากันและผลบวกไม่เกิน 1 และโจทย์ปัญหาการลบเศษส่วนที่มีตัวส่วนเท่ากัน
	ค 1.1 ป.3/10 หาผลบวกของเศษส่วนที่มีตัวส่วนเท่ากันและ ผลบวกไม่เกิน 1 และหาผลลบของเศษส่วนที่มีตัวส่วนเท่ากัน	
3	-	ค 1.2 ป.3/1 ระบุจำนวนที่หายไปในรูปแบบรูปของจำนวนที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงทีละเท่า ๆ กัน

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้		
4	-	ค 2.1 ป.3/1 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเงิน
5	-	ค 2.1 ป.3/2 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเวลาและระยะเวลา
6	ค 2.1 ป.3/3 เลือกใช้เครื่องวัดความยาวที่เหมาะสมวัดและบอกความยาวของสิ่งต่าง ๆ เป็นเซนติเมตรและมิลลิเมตรเมตรและเซนติเมตร	ค 2.1 ป.3/6 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตรและมิลลิเมตร เมตรและเซนติเมตรและมิลลิเมตรเมตรและเซนติเมตร

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
	ค 2.1 ป.3/4 คาคคเนความยาวเป็นเมตรและ เป็นเซนติเมตร	
	ค 2.1 ป.3/5 เปรียบเทียบความยาวระหว่าง เซนติเมตรกับ มิลลิเมตร เมตรกับเซนติเมตร กิโลเมตรกับเมตรจากสถานการณ์ต่าง ๆ	
7	ค 2.1 ป.3/7 เลือกใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม วัด และบอกน้ำหนักเป็นกิโลกรัมและขีด กิโลกรัม และกรัม	ค 2.1 ป.3/10 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ ปัญหาเกี่ยวกับน้ำหนักที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัมกับ กรัม เมตริกตันกับกิโลกรัม
	ค 2.1 ป.3/8 คาคคเนน้ำหนักเป็นกิโลกรัมและ เป็นขีด	
	ค 2.1 ป.3/9 เปรียบเทียบน้ำหนักระหว่าง กิโลกรัมกับกรัม เมตริกตันกับกิโลกรัม จากสถานการณ์ต่าง ๆ	
8	ค 2.1 ป.3/11 เลือกใช้เครื่องตวงที่เหมาะสม วัดและเปรียบเทียบปริมาตรความจุเป็นลิตรและ มิลลิลิตร	ค 2.1 ป.3/13 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตร และความจุที่มีหน่วย เป็นลิตรและมิลลิลิตร
	ค 2.1 ป.3/12 คาคคเนปริมาตรและความจุ เป็นลิตร	
มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปร่างเรขาคณิต สมบัติของรูปร่างเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้		
9	-	ค 2.2 ป.3/1 ระบรูปร่างเรขาคณิตสองมิติที่มีแกน สมมาตรและจำนวนแกนสมมาตร

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา		
10	-	ค 3.1 ป.3/1 เขียนแผนภูมิรูปภาพและใช้ข้อมูล จากแผนภูมิรูปภาพในการหาคำตอบของโจทย์ ปัญหา ค 3.1 ป.3/2 เขียนตารางทางเดียวจากข้อมูลที่ เป็นจำนวนนับ และใช้ข้อมูลจากตารางทางเดียว ในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มี 22 ตัวชี้วัด เป็นตัวชี้วัดระหว่างทาง 12 ตัว และตัวชี้วัดปลายทาง
10 ตัว มีรายละเอียดดังนี้

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้		
1	ค 1.1 ป.4/1 อ่านและเขียนตัวเลขฮินดูอารบิก ตัวเลขไทย และตัวหนังสือแสดงจำนวนนับที่มากกว่า 100,000	ค 1.1 ป.4/2 เปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 จากสถานการณ์ต่าง ๆ ค 1.1 ป.4/11 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหา 2 ขั้นตอนของจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 และ 0
	ค 1.1 ป.4/7 ประมาณผลลัพธ์ของการบวก การลบ การคูณ การหารจากสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างสมเหตุสมผล	-
	ค 1.1 ป.4/8 หาค่าของตัวไม่ทราบค่าในประโยคสัญลักษณ์ แสดงการบวกและประโยคสัญลักษณ์ แสดงการลบของ จำนวนนับที่มากกว่า 100,000 และ 0	-
	ค 1.1 ป.4/9 หาค่าของตัวไม่ทราบค่าในประโยคสัญลักษณ์แสดงการคูณของจำนวนหลายหลัก 2 จำนวนที่มีผลคูณไม่เกิน 6 หลัก และประโยคสัญลักษณ์แสดงการหารที่ตัวตั้งไม่เกิน 6 หลัก ตัวหารไม่เกิน 2 หลัก	
	ค 1.1 ป.4/10 หาผลลัพธ์การบวก ลบ คูณ หาร ระคนของจำนวนนับ และ 0	
	ค 1.1 ป.4/12 สร้างโจทย์ปัญหา 2 ขั้นตอนของจำนวนนับ และ 0 พร้อมทั้งหาคำตอบ	
2	ค 1.1 ป.4/3 บอกรับ อ่าน และเขียนเศษส่วน จำนวนคละแสดงปริมาณสิ่งต่าง ๆ และแสดงสิ่งต่าง ๆ ตามเศษส่วน จำนวนคละที่กำหนด	ค 1.1 ป.4/4 เปรียบเทียบ เรียงลำดับเศษส่วน และจำนวนคละที่ตัวส่วนตัวหนึ่งเป็นพหุคูณของอีกตัวหนึ่ง
	ค 1.1 ป.4/13 หาผลบวก ผลลบของเศษส่วน และจำนวนคละที่ตัวส่วนตัวหนึ่งเป็นพหุคูณของอีกตัวหนึ่ง	ค 1.1 ป.4/14 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาการบวกและโจทย์ ปัญหาการลบเศษส่วน และจำนวนคละ ที่ตัวส่วนตัวหนึ่งเป็นพหุคูณของอีกตัวหนึ่ง
3	ค 1.1 ป.4/5 อ่านและเขียนทศนิยมไม่เกิน 3 ตำแหน่ง แสดงปริมาณของสิ่งต่าง ๆ และแสดงสิ่งต่าง ๆ ตามทศนิยมที่กำหนด	ค 1.1 ป.4/6 เปรียบเทียบและเรียงลำดับทศนิยมไม่เกิน 3 ตำแหน่งจากสถานการณ์ต่าง ๆ

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
		ค 1.1 ป.4/16 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ ปัญหาการบวก การลบ 2 ขั้นตอนของทศนิยม ไม่เกิน 3 ตำแหน่ง
	ค 1.1 ป.4/15 หาผลบวก ผลลบของทศนิยม ไม่ เกิน 3 ตำแหน่ง	-

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
		มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้ มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้
4	-	ค 2.1 ป.4/1 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ ปัญหาเกี่ยวกับเวลา
5	ค 2.1 ป.4/2 วัดและสร้างมุมโดยใช้ โพรแทรกเตอร์	ค 2.1 ป.4/3 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูป สี่เหลี่ยมมุมฉาก
	ค 2.2 ป.4/1 จำแนกชนิดของมุม บอกชื่อมุม ส่วนประกอบของมุมและเขียนสัญลักษณ์แสดง มุม	ค 2.2 ป.4/2 สร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เมื่อ กำหนดความยาวของด้าน

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
		มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา
6	-	ค 3.1 ป.4/1 ใช้ข้อมูลจากแผนภูมิแท่ง ตาราง สองทางในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มี 19 ตัวชี้วัด เป็นตัวชี้วัดระหว่างทาง 9 ตัว และตัวชี้วัดปลายทาง 10
ตัว มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
		มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่ เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้
1	ค 1.1 ป.5/1 เขียนเศษส่วนที่มีตัวส่วนเป็นตัว ประกอบของ 10 หรือ 100 หรือ 1,000 ในรูป ทศนิยม	ค 1.1 ป.5/8 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ ปัญหาการบวก การลบ การคูณ การหาร ทศนิยม 2 ขั้นตอน

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
	ค 1.1 ป.5/6 หาผลคูณของทศนิยมที่ผลคูณเป็นทศนิยมไม่เกิน 3 ตำแหน่ง	
	ค 1.1 ป.5/7 หาผลหารที่ตัวตั้งเป็นจำนวนนับหรือทศนิยมไม่เกิน 3 ตำแหน่ง และตัวหารเป็นจำนวนนับ ผลหารเป็นทศนิยม ไม่เกิน 3 ตำแหน่ง	
	ค 2.1 ป.5/1 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวที่มีการเปลี่ยนหน่วยและเขียนในรูปทศนิยม	
	ค 2.1 ป.5/2 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับน้ำหนักที่มีการเปลี่ยนหน่วยและเขียนในรูปทศนิยม	
2	-	ค 1.1 ป.5/2 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาโดยใช้บัญญัติไตรยางค์ ค 1.1 ป.5/9 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาร้อยละไม่เกิน 2 ขั้นตอน
3	ค 1.1 ป.5/3 หาผลบวก ผลลบของเศษส่วนและจำนวนคละ	ค 1.1 ป.5/5 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาการบวก การลบ การคูณ การหาร เศษส่วน 2 ขั้นตอน
	ค 1.1 ป.5/4 หาผลคูณ ผลหารของเศษส่วนและจำนวนคละ	

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
	มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้ มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้	
4	-	ค 2.1 ป.5/3 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากและความจุของภาชนะทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ค 2.2 ป.5/4 บอกลักษณะของปริซึม

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
5	ค. 2.2 ป.5/1 สร้างเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรงให้ขนานกับเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรงที่กำหนดให้	ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ค 2.2 ป.5/3 สร้างรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ เมื่อกำหนดความยาวของด้านและขนาดของมุมหรือเมื่อกำหนดความยาวของเส้นทแยงมุม
	ค 2.2 ป.5/2 จำแนกรูปสี่เหลี่ยมโดยพิจารณาจากสมบัติของรูป	-

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา		
6	-	ค 3.1 ป.5/1 ใช้ข้อมูลจากกราฟเส้นในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา ค 3.1 ป.5/2 เขียนแผนภูมิแท่งจากข้อมูลที่เป็นจำนวนนับ

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มี 21 ตัวชี้วัด เป็นตัวชี้วัดระหว่างทาง 8 ตัว และตัวชี้วัดปลายทาง 13 ตัว มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้		
1	ค 1.1 ป.6/7 หาผลลัพธ์ของการบวก ลบ คูณ หารระคนของเศษส่วนและจำนวนคละ	ค 1.1 ป.6/1 เปรียบเทียบ เรียงลำดับเศษส่วนและจำนวนคละจากสถานการณ์ต่าง ๆ ค 1.1 ป.6/8 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเศษส่วนและจำนวนคละ 2 - 3 ขั้นตอน
2	ค 1.1 ป.6/2 เขียนอัตราส่วนแสดงการเปรียบเทียบปริมาณ 2 ปริมาณ จากข้อความหรือสถานการณ์ โดยที่ปริมาณแต่ละปริมาณเป็นจำนวนนับ	ค 1.1 ป.6/11 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาอัตราส่วน
	ค 1.1 ป.6/3 หาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดให้	

3	ค 1.1 ป.6/4 ทา ห.ร.ม. ของจำนวนนับไม่เกิน 3 จำนวน	ค 1.1 ป.6/6 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหา โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับ ห.ร.ม. และ ค.ร.น.
	ค 1.1 ป.6/5 ทา ค.ร.น. ของจำนวนนับไม่เกิน 3 จำนวน	
4	ค 1.1 ป.6/9 หาผลหารของทศนิยมที่ตัวหาร และผลหารเป็นทศนิยมไม่เกิน 3 ตำแหน่ง	ค 1.1 ป.6/10 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาการบวก การลบ การคูณการหารทศนิยม 3 ขั้นตอน
5	-	ค 1.1 ป.6/12 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาร้อยละ 2 - 3 ขั้นตอน
มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับ และอนุกรม และนำไปใช้		
6	-	ค 1.2 ป.6/1 แสดงวิธีคิดและหาคำตอบของปัญหาเกี่ยวกับแบบรูป

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้ มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้		
7	-	ค 2.1 ป.6/1 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบด้วยทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก
8	ค 2.2 ป.6/1 จำแนกรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากสมบัติของรูป	ค. 2.1 ป.6/2 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม ค 2.2 ป.6/2 สร้างรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวของด้านและขนาดของมุม
9	-	ค 2.1 ป.6/3 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของวงกลม
10	ค 2.2 ป.6/4 ระบุรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบจากรูปคลี่และระบุรูปคลี่ของรูปเรขาคณิตสามมิติ	ค 2.2 ป.6/3 บอกลักษณะของรูปเรขาคณิตสามมิติชนิดต่าง ๆ

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา		
11	-	ค 3.1 ป.6/1 ใช้ข้อมูลจากแผนภูมิรูปวงกลมในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มี 9 ตัวชี้วัด เป็นตัวชี้วัดระหว่างทาง 1 ตัว และตัวชี้วัดปลายทาง 8 ตัว มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนพีชคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้		
1	ค.1.1 ม.1/2 เข้าใจและใช้สมบัติของเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลัง เป็นจำนวนเต็มบวกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	ค 1.1 ม.1/1 เข้าใจจำนวนตรรกยะ และความสัมพันธ์ของจำนวนตรรกยะ และใช้สมบัติของจำนวนตรรกยะในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง
2	-	ค 1.1 ม.1/3 เข้าใจและประยุกต์ใช้อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง
มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้		
3	-	ค 1.3 ม.1/1 เข้าใจและใช้สมบัติของการเท่ากัน และสมบัติของจำนวนเพื่อวิเคราะห์และแก้ปัญหา โดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
4	-	ค 1.3 ม.1/2 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับกราฟในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง ค 1.3 ม.1/3 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงเส้นในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้		

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
5	-	ค 2.2 ม.1/1 ใช้ความรู้ทางเรขาคณิตและเครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตอื่น ๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิต ตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
6	-	ค 2.2 ม.1/2 เข้าใจและใช้ความรู้ทางเรขาคณิตในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา		
7	-	ค 3.1 ม.1/1 เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูลและ แปลความหมายข้อมูล รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริงโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มี 12 ตัวชี้วัด เป็นตัวชี้วัดระหว่างทาง 2 ตัว และตัวชี้วัดปลายทาง 10 ตัว มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนพีชคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้		
1	ค 1.1 ม.2/1 เข้าใจและใช้สมบัติของเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็มในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	ค 1.1 ม.2/2 เข้าใจจำนวนจริง และความสัมพันธ์ของจำนวนจริง และใช้สมบัติของจำนวนจริงในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง
มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้		
2	ค 1.2 ม.2/1 เข้าใจหลักการการดำเนินการของพหุนาม และใช้พหุนามในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	ค 1.2 ม.2/2 เข้าใจและใช้การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสองในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้		
3	-	ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง
4	-	ค 2.1 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง
มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้		
5	-	ค 2.2 ม.2/1 ใช้ความรู้ทางเรขาคณิตและเครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต อื่น ๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิต ตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
6	-	ค 2.2 ม.2/2 นำความรู้เกี่ยวกับสมบัติของเส้นขนานและรูปสามเหลี่ยมไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
7	-	ค 2.2 ม.2/3 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิตในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง
8	-	ค 2.2 ม.2/4 เข้าใจและใช้สมบัติของรูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง
9	-	ค 2.2 ม.2/5 เข้าใจและใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา		
10	-	ค 3.1 ม.2/1 เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภาพจุด แผนภาพต้นไม้ ฮิสโทแกรม และค่ากลางของข้อมูล และแปลความหมายผลลัพธ์ รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริงโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มี 12 ตัวชี้วัด โดยทั้ง 12 ตัว เป็นตัวชี้วัดปลายทาง มีรายละเอียดดังนี้
สาระที่ 1 จำนวนพีชคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้		
1	-	ค 1.2 ม.3/1 เข้าใจและใช้การแยกตัวประกอบของพหุนามที่มีดีกรีสูงกว่าสองในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
2	-	ค 1.2 ม.3/2 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันกำลังสองในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้		
3	-	ค 1.3 ม.3/2 ประยุกต์ใช้สมการกำลังสองในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
4	-	ค 1.3 ม.3/1 เข้าใจและใช้สมบัติของการไม่เท่ากันเพื่อวิเคราะห์และแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
5	-	ค 1.3 ม.3/3 ประยุกต์ใช้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้		
6	-	ค 2.1 ม.3/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลมในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
7	-	ค 2.1 ม.3/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของพีระมิด กรวย และทรงกลมในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง
มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้		
8	-	ค 2.2 ม.3/1 เข้าใจและใช้สมบัติของรูปสามเหลี่ยมที่คล้ายกันในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง
9	-	ค 2.2 ม.3/2 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนตรีโกณมิติในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง
10	-	ค. 2.2 ม.3/3 เข้าใจและใช้ทฤษฎีบทเกี่ยวกับวงกลมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา		
11	-	ค 3.1 ม.3/1 เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอและวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภาพกล่อง และแปลความหมายผลลัพธ์ รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริงโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม
มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้		
12	-	ค 3.2 ม.3/1 เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่มและนำผลที่ได้ไปหาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มี 3 ตัวชี้วัด เป็นตัวชี้วัดระหว่างทาง 1 ตัว และตัวชี้วัดปลายทาง 2 ตัว มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนพีชคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้		
1	-	ค 1.1 ม.4/1 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเซตและตรรกศาสตร์เบื้องต้นในการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้		
2	ค 3.2 ม.4/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณการเรียงสับเปลี่ยนและการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา	ค 3.2 ม.4/2 หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มี 4 ตัวชี้วัด เป็นตัวชี้วัดระหว่างทาง 1 ตัว และตัวชี้วัดปลายทาง 3 ตัว มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนพีชคณิต

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้		
1	-	ค 1.1 ม.5/1 เข้าใจความหมายและใช้สมบัติเกี่ยวกับการบวก การคูณ การเท่ากัน และการไม่เท่ากันของจำนวนจริงในรูปกรณฑ์และจำนวนจริงในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ
มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้ มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้		
2	-	ค 1.2 ม.5/1 ใช้ฟังก์ชันและกราฟของฟังก์ชัน อธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้
3	ค 1.3 ม.5/1 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับดอกเบี้ยและมูลค่า ของเงินในการแก้ปัญหา	ค 1.2 ม.5/2 เข้าใจและนำความรู้เกี่ยวกับลำดับและอนุกรมไปใช้

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มี 1 ตัวชี้วัด โดย 1 ตัวนั้น เป็นตัวชี้วัดปลายทาง มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

กลุ่มที่	ตัวชี้วัดระหว่างทาง	ตัวชี้วัดปลายทาง
มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา		
1	-	ค 3.1 ม.6/1 เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูลและแปลความหมายของค่าสถิติ เพื่อประกอบการตัดสินใจ

สรุปประจําบทที่ 1

การวัดผลเป็นกระบวนการที่ได้มาซึ่งตัวเลขที่มีความหมายแทนพฤติกรรม ทักษะและกระบวนการหรือคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งที่ต้องการวัดอย่างมีกฎเกณฑ์ การประเมินผลเป็นกระบวนการที่นำผลที่ได้จากการวัดมาพิจารณา วิเคราะห์ หรือแปลความ เพื่อตัดสินหรือสรุปคุณภาพหรือคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ได้ว่า ผ่านหรือไม่ผ่าน ดีหรือไม่ดี เก่งกว่าหรืออ่อนกว่า ซึ่งการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นการวัดและการประเมินการปฏิบัติงานในสภาพที่เกิดขึ้นจริงหรือที่ใกล้เคียงกับสภาพจริง รวมทั้งการประเมินเกี่ยวกับสมรรถภาพของผู้เรียนเพิ่มเติมจากความรู้ที่ได้จากการท่องจำ โดยใช้วิธีการประเมินที่หลากหลายจากการที่ผู้เรียนได้ลงมือ ปฏิบัติจริง ได้เผชิญกับปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลอง ได้แก่ ปัญหา สืบค้นข้อมูล และนำความรู้ไปใช้รวมทั้งแสดงออกทางความคิด สำหรับองค์ประกอบในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ประกอบไปด้วยเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ระบุในหลักสูตร กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ในปัจจุบันการวัดและประเมินการเรียนรู้จากตัวชี้วัดระหว่างทางซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเน้นการประเมินในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียนเป็นหลัก (Formative Assessment) ผ่านมโนทัศน์ของการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Assessment for learning) และการประเมินขณะเรียนรู้ (Assessment as learning) ด้วยวิธีการประเมินที่หลากหลายโดยเน้นการวัดและประเมินผลแบบไม่เป็นทางการ (Informal Assessment) และตัวชี้วัดปลายทางที่เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นที่การประเมินผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน (Summative Assessment) ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เน้นการวัดและประเมินผลแบบเป็นทางการ (formal Assessment)

คำถามท้ายบทที่ 1

ตอบคำถาม

1. จงอธิบายความสำคัญของการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์
2. จงอธิบายหลักการของการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์
3. จงอธิบายความแตกต่างของตัวชี้วัดระหว่างทางและตัวชี้วัดปลายทาง พร้อมทั้งการนำไปใช้
4. จงอภิปรายความเหมือนหรือแตกต่างของการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ในแต่ละชั้นปี

5. จงอธิบายการนำแนวคิดของการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Assessment for learning) และการประเมินขณะเรียนรู้ (Assessment as learning) ไปใช้ในห้องเรียนคณิตศาสตร์

อ้างอิง

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2566). *ตัวชี้วัดระหว่างทางและตัวชี้วัดปลายทาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตัวชี้วัดระหว่างทางตัวชี้วัดปลายทาง และเกณฑ์การตัดสินผลการเรียน*. https://www.dla.go.th/upload/document/type2/2023/7/29603_1_1688546026764.pdf?time=1690799701366

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. วี พรีนธ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป)¹. *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. <https://www.scimath.org/ebooks/8380/8380.pdf>.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). *แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สมชาย วรภิจเกษมสกุล. (2567). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ราชบัณฑิตยสถาน. (2556). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554*. ราชบัณฑิตยสถาน.

อนวัดี คุณแก้ว. (2566). *การทดสอบ การวัดผลและประเมินผล การศึกษาแนวใหม่*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

James, G, J, A, R, C. (1918). *Mathematics Dictionary* (5th ed). NY: Chapman & Hall.

บทที่ 2

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านมโนทัศน์

เมื่อกล่าวถึงการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ นักการศึกษาจะนิยมอ้างอิงจากแนวคิดของบลูม หรือ เบนจามิน บลูม (Benjamin Bloom) ซึ่งเป็นนักจิตวิทยาการศึกษาชาวสหรัฐอเมริกาที่สนใจศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของมนุษย์ โดยเมื่อปี พ.ศ. 2499 บลูมและคณะได้เสนอจุดมุ่งหมายทางการศึกษาซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

- ด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain)
- ด้านจิตพิสัย (affective domain)
- ด้านทักษะพิสัย (psychomotor domain)

แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับลำดับขั้นของสติปัญญา

Bloom (1971) ได้อธิบายด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) ว่าเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพทางสมองหรือสติปัญญาของแต่ละบุคคล โดยสมรรถภาพทางสมองนั้นจะทำงานหรือแก้ปัญหาที่มีลำดับขั้นความซับซ้อนมากขึ้นเรื่อย ๆ สามารถแบ่งออกเป็น 6 ขั้น ได้แก่

1. ความรู้ความจำ (knowledge) เป็นความสามารถทางสมองขั้นแรกหรือขั้นพื้นฐานในการเรียนรู้ โดยเป็นการจดจำเรื่องราว เหตุการณ์ กฎ นิยาม ทฤษฎีบท หรือประสบการณ์ต่าง ๆ พร้อมทั้งสามารถระลึกถึงได้
2. ความเข้าใจ (comprehension) เป็นความสามารถในการจับใจความสำคัญของเรื่องราว สามารถถ่ายทอดเรื่องราวที่ได้เรียนรู้ในรูปแบบของตนเองแต่ยังคงสาระสำคัญของเรื่องราวนั้นไว้
3. การนำไปใช้ (application) เป็นความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้หรือปรับใช้กับสถานการณ์จริง หรือเหตุการณ์จำลอง
4. การวิเคราะห์ (analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราว สิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ว่าเรื่องราวหรือสิ่งนั้น ๆ ประกอบไปด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุเป็นผล
5. การสังเคราะห์ (synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานเรื่องราว หรือสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นเรื่องราวใหม่ หรือสิ่งใหม่ที่แปลกไปจากเดิม โดยปกติการสังเคราะห์จะเกิดหลังจากการวิเคราะห์
6. การประเมินค่า (evaluation) เป็นการตัดสิน หรือวินิจฉัยเหตุการณ์ หรือเรื่องราวต่าง ๆ ที่มีเกณฑ์อย่างชัดเจน ซึ่งการประเมินค่านั้นอาจใช้เกณฑ์ภายใน หรือเกณฑ์จากภายนอกมาตัดสินก็ได้

ในปี พ.ศ. 2544 Anderson และ Krathwohl ได้ปรับแก้ลำดับชั้นทางสติปัญญาของบลูม โดยมีการเปลี่ยนแปลงคำที่ใช้ในแต่ละลำดับชั้นทางสติปัญญาเป็นคำกริยาและปรับ 6 ชั้นของบลูมใหม่ เป็นดังนี้ (Anderson and Krathwohl, 2001) 1) จำ (remembering) 2) เข้าใจ (understanding) 3) ประยุกต์ใช้ (applying) 4) วิเคราะห์ (analysing) 5) ประเมินค่า (evaluating) และ 6) สร้างสรรค์ (creating) และมีการเพิ่มมิติด้านความรู้ อีกมิติหนึ่งนอกเหนือจากมิติด้านลำดับชั้นทางสติปัญญา 6 ชั้น ซึ่งประกอบด้วยความรู้ 4 ประเภทได้แก่

1) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (fact) เป็นความรู้เบื้องต้นหรือหลักความรู้พื้นฐานที่ผู้เรียนควรมี ความรู้เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เช่น ความรู้เฉพาะ คำศัพท์

2) ความรู้ที่เป็นความคิดรวบยอด (concept) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ต่าง ๆ ใน โครงสร้างที่ใหญ่ขึ้น และแสดงถึงความเชื่อมโยงระหว่างความรู้พื้นฐานย่อย ๆ เหล่านั้น เช่น การจัดประเภทของหมวดหมู่ หลักการทั่วไป ทฤษฎี โครงสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด

3) ความรู้ที่เป็นกระบวนการ (procedure) เป็นวิธีการในการค้นหาคำตอบ ทักษะและ กระบวนการ เทคนิค วิธีที่ใช้ในการได้มาซึ่งคำตอบหรือความรู้ ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ในการ บอกระดับความเหมาะสมของกระบวนการ

4) ความรู้ที่เป็นอภิปัญญา (metacognitive) เป็นความรู้เกี่ยวกับพุทธิปัญญา มีความ ตระหนักในการคิดของตนเอง เช่น ความรู้เกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ ความรู้เกี่ยวกับเงื่อนไข และบริบทที่เหมาะสม ความรู้เกี่ยวกับตนเอง

โดยสามารถนำทั้งสองมิติมาสัมพันธ์กันได้ ดังนี้

มิติด้านความรู้	มิติด้านลำดับชั้นทางสติปัญญา					
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์
ข้อเท็จจริง						
ความคิดรวบยอด						
กระบวนการ						
อภิปัญญา						

การสร้างเครื่องมือวัดและประเมินผลด้านพุทธิพิสัย

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลด้านพุทธิพิสัยหรือด้านมโนทัศน์มีหลากหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดจะเป็นแบบทดสอบ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อสอบหลากหลายชนิด อย่างไรก็ตาม เครื่องมือเหล่านั้นอาจมีที่มาที่แตกต่างกัน เช่น ผู้สอนสร้างด้วยตนเอง ผู้สอนนำเครื่องมือที่มีอยู่มาใช้ หรือผู้สอนปรับปรุงเครื่องมือจากที่เคยใช้มาแล้วให้เหมาะสมกับผู้เรียนในปัจจุบัน ไม่ว่าจะผู้สอนจะนำเครื่องมือมาจากวิธีการใด ผู้สอนต้องมั่นใจว่าเครื่องมือเหล่านั้นสามารถสะท้อนความรู้ หรือเป็นเครื่องมือที่สามารถตรวจสอบได้ว่าผู้เรียนบรรลุตามตัวชี้วัดที่หลักสูตรกำหนด ลำดับการสร้างหรือพัฒนาเครื่องมือดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรและตัวชี้วัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยผู้สอนต้องมีความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมที่กำหนดในตัวชี้วัดนั้น ๆ ว่าจะสามารถวัดได้อย่างไร อะไรเป็นตัวสะท้อนว่าผู้เรียนทำได้อย่างที่ตัวชี้วัดกำหนด เนื่องจากในแต่ละตัวชี้วัดของคณิตศาสตร์จะขึ้นต้นด้วยกริยาซึ่งเป็นการระบุพฤติกรรมที่ผู้เรียนต้องทำได้ โดยในแต่ละตัวชี้วัดจะมีพฤติกรรมที่ต่างกันไป เมื่ออ้างอิงจากแนวคิดของบลูมจะพบว่าในตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะเริ่มต้นที่เข้าใจ และบางตัวชี้วัดอยู่ในขั้นประยุกต์ใช้ หรือขั้นวิเคราะห์
2. กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินการเรียนรู้ เนื่องจากเครื่องมือนี้มีหลากหลายชนิด เช่น แบบทดสอบ แบบสัมภาษณ์ หรือโครงการ เพื่อให้เครื่องมือสามารถสะท้อนผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างแท้จริง
3. ออกแบบเครื่องมือ หรือข้อคำถาม หรือกิจกรรมที่ใช้ในการประเมินผลผู้เรียน ซึ่งจะออกแบบจากข้อ 2
4. กำหนดแนวทางการให้คะแนนที่สอดคล้องกับเครื่องมือ และพฤติกรรมที่สามารถสังเกตได้วัดได้
5. ตรวจสอบเรื่องภาษา คำชี้แจง หรือระยะเวลาที่ใช้ในการวัดและประเมินผล
6. นำเครื่องมือไปให้ผู้เชี่ยวชาญ หรือเพื่อนร่วมงานตรวจสอบความเที่ยงตรง หรือตรวจภาษา หรือความเหมาะสมก่อนนำไปใช้

บางครั้งเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินนั้นอาจพัฒนามาจากเครื่องมือที่ผู้สอนเคยได้ใช้ไปเมื่อปีที่แล้ว หรือพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวกับเนื้อหา หรือตัวชี้วัดที่ผู้สอนทำการสอน สิ่งที่ต้องระวังเมื่อนำเครื่องมือเหล่านี้มาใช้คือระดับความรู้พื้นฐานของผู้เรียนในปีนั้น ๆ หรือสภาพแวดล้อมของเครื่องมือที่ได้จากการวิจัยไม่เหมาะสมกับผู้เรียนที่กำลังศึกษาอยู่

ข้อสอบ

ข้อสอบเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับสมรรถภาพทางสมองหรือลำดับขั้นของสติปัญญาของแต่ละบุคคล โดยสมรรถภาพทางสมองนั้นจะทำงานหรือแก้ปัญหาที่มีลำดับขั้นความซับซ้อนมากขึ้นเรื่อย ๆ สามารถแบ่งออกเป็น 6 ชั้น ดังนี้ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้เป็นตัวสะท้อนด้านลำดับขั้นสติปัญญาก็มีความซับซ้อนตามลำดับขั้นการเรียนรู้ทั้ง 6 ชั้น โดยข้อสอบเป็นชุดคำถามที่เมื่อผู้เรียนอ่านจะกระตุ้นให้ตอบ หรือแสดงพฤติกรรมในการหาคำตอบนั้น ข้อสอบจะประกอบไปด้วยสถานการณ์หรือคำถาม และตัวเลือก สำหรับข้อสอบมีหลากหลายชนิดในตำรานี้จะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ข้อสอบแบบเลือกตอบ กับข้อสอบแบบเขียนตอบ โดยแต่ละประเภทจะมีรายละเอียดย่อยที่แตกต่างกันดังนี้

1. ข้อสอบแบบเลือกตอบ

ข้อสอบแบบเลือกตอบ และแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ข้อสอบชนิดเลือกตอบ (มีตัวเลือก)

ข้อสอบชนิดเลือกตอบที่มีตัวเลือกเป็นข้อสอบที่ผู้เรียนมักจะคุ้นชินเพราะเป็นข้อสอบที่นิยมใช้กันมากที่สุด ในข้อสอบชนิดนี้จะมี 2 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ คำถาม (stem) และตัวเลือก (choice) ในกรณีที่มีคำตอบเดียวตัวเลือกจะมีคำตอบเพียงตัวเดียว หรือบางครั้งอาจมีคำตอบได้มากกว่าหนึ่งตัวก็ได้ ตัวเลือกที่ไม่ใช่คำตอบจะเรียกว่า ตัวลวง สำหรับข้อสอบชนิดนี้มักนิยมวัดการหาคำตอบจากแนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือจากสถานการณ์ต่าง ๆ

การสร้างคำถามมีดังนี้

- สั้น ได้ใจความ และใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย
- ใช้ประโยคบอกเล่า ในกรณีเป็นประโยคปฏิเสธต้องทำตัวหนา หรือขีดเส้นใต้คำที่แสดงการปฏิเสธ
- คำถามแต่ละข้อต้องเป็นอิสระต่อกัน การตอบคำถามข้อหนึ่งจะไม่ชี้นำหรือเป็นคำตอบของอีกข้อหนึ่ง
- หลีกเลี่ยงภาษาที่ชี้นำไปยังคำตอบ
- ในกรณีคำตอบเดียวคำถามนั้นต้องมีคำตอบเดียว หรือในกรณีหลายคำตอบต้องมีคำตอบหลายคำตอบ

การสร้างตัวเลือกมีดังนี้

- ตัวเลือกแต่ละตัวควรเป็นเรื่องเดียวกัน
- ไม่ควรใช้ผิดทุกข้อ หรือถูกทุกข้อ

ตัวอย่างข้อสอบชนิดเลือกตอบ

1. สถานการณ์ “ฟ้ามีเงิน 550 บาท วันมีเงินน้อยกว่าฟ้า 20 บาท ฟ้าและวันมีเงินรวมกันทั้งหมดกี่บาท” จากสถานการณ์เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้ตรงกับข้อใด

ก. $550 - 20$

ข. $550 + 20$

ค. $550 + (550 - 20)$

ง. $550 + (550 + 20)$

2. กำหนดให้ประพจน์ “ถ้ามานีตั้งใจเรียนแล้วมานีสอบผ่าน” มีค่าความจริงเป็นเท็จ และ “มานีเป็นหัวหน้าห้องหรือมานีสอบผ่าน” มีค่าความจริงเป็นจริง

ประพจน์ในข้อใดต่อไปนี้มีค่าความจริงเป็นจริง

ก. มานีไม่ตั้งใจเรียนหรือมานีสอบผ่าน

ข. มานีสอบผ่านและมานีไม่ป็นหัวหน้าห้อง

ค. มานีตั้งใจเรียนก็ต่อเมื่อมานีสอบผ่าน

ง. ถ้ามานีป็นหัวหน้าห้องแล้วมานีไม่ตั้งใจเรียน

จ. มานีป็นหัวหน้าห้องก็ต่อเมื่อมานีสอบไม่ผ่าน

แนวทางการให้คะแนน ข้อสอบชนิดเลือกตอบในกรณีคำตอบเดียวจะพิจารณาจากคำตอบถูกต้องได้ 1 คะแนน ส่วนกรณีมีหลายคำตอบอาจพิจารณาตอบถูกทุกข้อได้ 2 คะแนน ตอบถูกบางส่วนได้ 1 คะแนน

ข้อดีของข้อสอบชนิดเลือกตอบมีดังนี้

- สามารถตรวจให้คะแนนได้ง่าย ใช้เวลาน้อย และมีความเป็นปรนัยสูง
- สามารถหาค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกได้ง่าย
- นำข้อสอบไปปรับปรุงหรือแก้ไขตัวเลือกได้ง่าย

ข้อจำกัดของข้อสอบชนิดเลือกตอบมีดังนี้

- สร้างข้อสอบที่วัดการคิดระดับสูงได้ยาก
- วัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ยาก

- ผู้เรียนสามารถสามารถเดาคำตอบ ซึ่งมีโอกาสถูกสูง

สำหรับข้อสอบชนิดเลือกตอบที่มีตัวเลือกนั้น สิ่งที่คุณสอนควรตระหนักคือตัวลวงทุกตัวต้องมีโอกาสที่ผู้เรียนต้องเลือก นั่นคือตัวลวงทุกตัวต้องมีที่มาอย่างสมเหตุสมผล เช่น จำสูตรผิด แทนค่าผิด หรือสับสนการคำนวณ ไม่ได้เกิดจากผู้สอนใส่ตัวลวงแบบไม่มีที่ไปที่มา

2) ข้อสอบชนิดถูกผิด

ข้อสอบชนิดถูกผิดเป็นข้อสอบที่นิยมวัดมโนทัศน์ โดยกำหนดข้อความให้ผู้เรียนพิจารณาว่าถูกหรือผิดเพียงอย่างเดียว

การสร้างข้อความมีดังนี้

- ต้องเป็นข้อความที่สามารถตัดสินได้เพียงอย่างเดียวว่าถูกหรือผิดเพียงอย่างเดียว ข้อความที่ยังไม่สามารถหาข้อสรุปได้ไม่ควรนำมาถาม
- คำศัพท์หรือภาษาที่ใช้ต้องเหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละช่วงวัย
- ไม่ควรใช้ข้อความปฏิเสธ หรือปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ

ตัวอย่างข้อสอบชนิดถูกผิด

พิจารณาข้อความที่กำหนดให้ พร้อมทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และ ✗ หน้าข้อความที่ผิด

_____ 1) 0 เป็นจำนวนคู่

_____ 2) $-|-4| = 4$

_____ 3) $|a+b| = |a|+|b|$; $a, b \in \mathbb{R}$

_____ 4) $(a+b)^2 = a^2 + b^2$; $ab = 0$; $a, b \in \mathbb{R}$

_____ 5) 3 เป็นจำนวนเฉพาะที่น้อยที่สุด

แนวทางการให้คะแนน ข้อสอบชนิดถูกผิด จะให้คะแนนเฉพาะข้อที่ผู้เรียนตอบถูกต้องได้ 1

คะแนน

ข้อดีของข้อสอบชนิดถูกผิดมีดังนี้

- ใช้วัดความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ หรือข้อเท็จจริง
- ให้คะแนนได้ง่าย ใช้เวลาน้อย และมีความเป็นปรนัยสูง

ข้อจำกัดของข้อสอบชนิดถูกผิดมีดังนี้

- ใช้วัดและประเมินผลได้ไม่ครบทุกลำดับชั้นทางสติปัญญา
- มีโอกาสเดาถูกได้ง่าย
- วัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ยาก

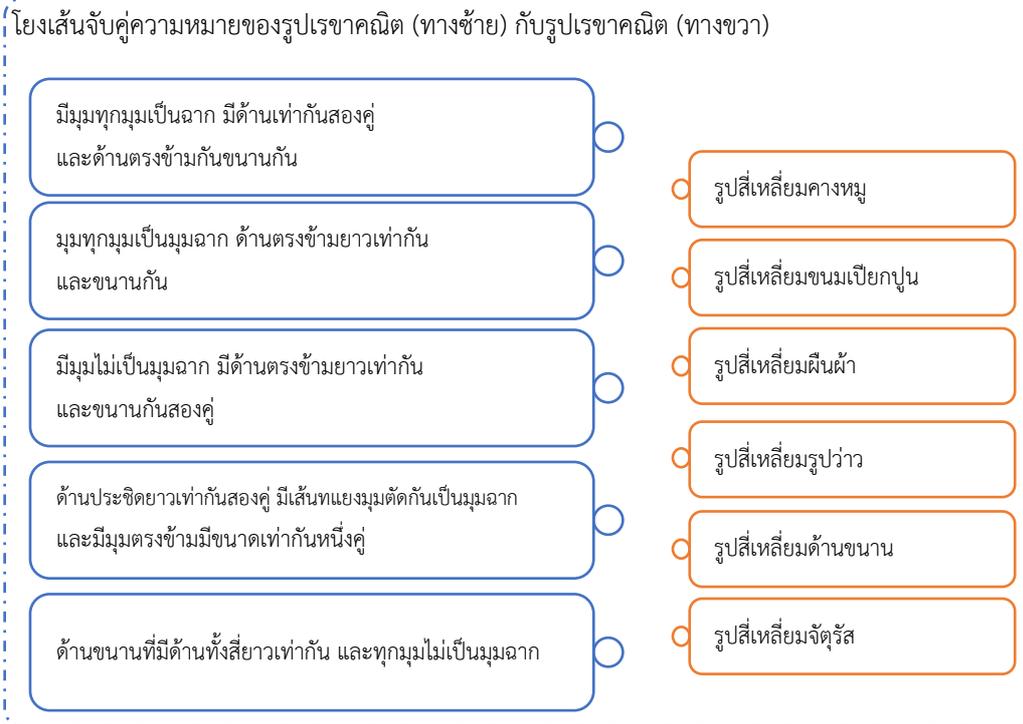
3) ข้อสอบชนิดจับคู่

ข้อสอบชนิดจับคู่เป็นข้อสอบที่มีข้อความ 2 ส่วนที่สัมพันธ์กัน ส่วนแรกจะเป็นคำถามหรือข้อความซึ่งเขียนเรียงในแนวตั้ง อีกส่วนจะเป็นคำตอบหรือส่วนแรก หรือข้อความที่สัมพันธ์กับส่วนแรกและเขียนเรียงในแนวตั้งเช่นเดียวกับส่วนแรกเพื่อให้ผู้เรียนได้พิจารณาว่าข้อความใดที่สัมพันธ์กัน

การสร้างข้อสอบชนิดจับคู่

- ต้องเป็นข้อความในเรื่องเดียวกัน หรือประเด็นเดียวกัน
- ข้อความต้องมีความยาวเท่า ๆ กัน โดยปกติข้อความที่เป็นคำถามจะยาวกว่าข้อความที่เป็นคำตอบ
- คำถามต้องสั้น กระชับ และชัดเจน
- ต้องสร้างคำตอบให้มากกว่าคำถาม
- มีจำนวนข้อที่เหมาะสมกับผู้เรียน

ตัวอย่างข้อสอบชนิดจับคู่



แนวทางการให้คะแนน พิจารณาจากการจับคู่ ถ้าจับคู่ถูกต้องได้ 1 คะแนน

ข้อดีของข้อสอบชนิดจับคู่

- ตรวจสอบให้คะแนนได้ง่าย และมีความเป็นปรนัยสูง
- ให้อัตราและประเมินผลด้านความรู้ความจำและความเข้าใจได้ดี
- สร้างได้ง่ายและครอบคลุมทุกมโนทัศน์
- มีโอกาสเดาถูกได้ยาก เนื่องจากมีคู่ให้จับเป็นจำนวนมาก

ข้อจำกัดของข้อสอบชนิดจับคู่

- ไม่สามารถวัดและประเมินการคิดขั้นสูงได้
- ในกรณีจับคู่ผิดหนึ่งคู่ อาจส่งผลให้การจับคู่อื่น ๆ ผิดไปด้วย

4) ข้อสอบชนิดเปรียบเทียบ

ข้อสอบชนิดเปรียบเทียบเป็นข้อสอบที่เน้นวัดให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่กำหนดมาให้ โดยมีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาของผู้เรียน ลักษณะของข้อสอบประเภทนี้จะกำหนดข้อความหรือนิพจน์ทางคณิตศาสตร์มาให้ 2 ตัวแล้วให้ผู้เรียนพิจารณาว่าข้อความหรือนิพจน์ที่กำหนดมาให้มีความสัมพันธ์แบบมากกว่า น้อยกว่า เท่ากัน หรือยังสรุปไม่ได้

การสร้างข้อสอบชนิดเปรียบเทียบ

- ข้อความหรือนิพจน์ต้องมีความชัดเจน และหลีกเลี่ยงการใช้ภาษาชี้นำคำตอบ
- ข้อความหรือนิพจน์ต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน
- ข้อความหรือนิพจน์ต้องสั้น กระชับ และได้ใจความ
- ไม่ควรใช้ข้อความนิเสธ

ตัวอย่างข้อสอบชนิดเปรียบเทียบ

จากข้อกำหนด ให้พิจารณาข้อความ A และ B แต่ละข้อ พร้อมทั้งเติม $<$, $>$, $=$ หรือ สรุบไม่ได้ ลงในช่องคำตอบให้ถูกต้อง

ข้อกำหนด	ข้อความ A	คำตอบ	ข้อความ B
1. ให้ x และ y เป็นจำนวนจริง โดยที่ $0 < x < y$	$\frac{1}{x}$		$\frac{1}{y}$
2. ให้ a, b และ c เป็นจำนวนจริง โดยที่ $a \geq b > c$	$\frac{a}{c}$		b
3. ให้ x เป็นจำนวนจริง โดยที่ $x > 1$	$\frac{x}{x+1}$		$\frac{x+1}{x+2}$
4. ให้ a, b และ c เป็นจำนวนจริง โดยที่ $a < b$	$2a$		$a+b$

แนวทางการให้คะแนน พิจารณาจากคำตอบ ถ้าตอบถูกต้องได้ 1 คะแนน

ข้อดีของข้อสอบชนิดเปรียบเทียบ

- ตรวจสอบให้คะแนนได้ง่าย ใช้เวลาน้อย และมีความเป็นปรนัยสูง
- ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินผลเพื่อทบทวนในลักษณะของแบบฝึกหัดได้

ข้อจำกัดของข้อสอบชนิดเปรียบเทียบ

- สร้างข้อความหรือคำถามที่ใช้การคิดขั้นสูงได้ยาก
- ใช้วัดและประเมินผลได้ไม่ครอบคลุมทุกลำดับขั้นสติปัญญา

2. ข้อสอบแบบเขียนตอบ

ข้อสอบชนิดเขียนตอบจะเป็นข้อสอบที่มีคำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความสามารถ ความเข้าใจในการหาคำตอบ โดยการเขียนคำตอบซึ่งอาจเขียนได้หลายลักษณะ เช่น เขียนคำตอบสั้น หรือเขียนแนวคิดในการหาคำตอบ การสร้างข้อสอบชนิดนี้ผู้สอนต้องคำนึงถึงความสามารถของผู้เรียน

ด้วย เนื่องจากข้อสอบชนิดเขียนตอบนอกจากจะแสดงความรู้แล้วยังสามารถตรวจสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อีกด้วย

องค์ประกอบที่สำคัญของข้อสอบชนิดเขียนตอบมี 2 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนของข้อสอบที่ประกอบไปด้วยสถานการณ์หรือคำถาม และส่วนที่ให้ผู้เรียนเขียนคำตอบ

2. แนวทางการให้คะแนน เนื่องด้วยข้อสอบชนิดเขียนตอบเป็นการวัดและประเมินผลที่มากกว่าความรู้ ดังนั้นแนวทางการให้คะแนนจึงมีความสำคัญเพราะจะเป็นตัวสะท้อนถึงคุณภาพของผู้เรียนในด้านอื่น ๆ อีกด้วย ผู้สอนควรกำหนดแนวทางการให้คะแนนอย่างชัดเจนว่าจะประเมินส่วนใดบ้าง (กรณีแสดงแนวคิด)

1) ข้อสอบชนิดเติมคำตอบ

ข้อสอบชนิดเติมคำตอบเป็นข้อสอบที่ใช้วัดและประเมินผลที่ครอบคลุมความรู้ ความเข้าใจ และทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งข้อสอบชนิดนี้จะมีความคล้ายคลึงกับข้อสอบชนิดเลือกตอบ นั่นคือผู้เรียนต้องหาคำตอบจากสถานการณ์ แล้วนำคำตอบมาเขียนในช่องว่างที่กำหนด

แนวทางการสร้างข้อสอบชนิดเติมคำตอบมีดังนี้

- สถานการณ์และคำถามต้องมีความชัดเจน สั้น และใช้ภาษาง่าย
- สถานการณ์ที่ใช้ต้องมีความใกล้เคียงกับชีวิตจริงมากที่สุด
- ช่องว่างที่ไว้เติมคำตอบต้องพอมะเขมาะกับคำตอบที่จะเติม
- ข้อสอบข้อเดียวกันไม่ควรเว้นช่องเติมคำตอบหลายแห่ง
- การเติมคำตอบควรอยู่ที่ท้ายข้อความ แต่ถ้าต้องการให้เติมคำตอบระหว่างข้อความ จะต้องเว้นช่องว่างให้พอดีกับคำตอบและความกว้างใกล้เคียงกันทุกแห่ง
- กำหนดคำตอบและแนวทางการให้คะแนนที่ชัดเจน บางกรณีหน่วยมีความสำคัญ ผู้สอนควรระบุหน่วยให้ชัดเจน

ตัวอย่างข้อสอบชนิดเติมคำตอบ

1. ในฟาร์มแห่งหนึ่งมีไก่และหมูรวมกันทั้งหมด 25 ตัว เมื่อนับขาของสัตว์ทั้งสองชนิดพบว่ามี 60 ขา ในฟาร์มแห่งนี้มีไก่ _____ตัว และหมู _____ตัว

2. รูปร่างง่ายของ $\left(\frac{8}{125}\right)^{\frac{2}{3}} - \sqrt{\frac{2}{32}}$ คือ _____

แนวทางการให้คะแนนข้อสอบชนิดเติมคำตอบ จะให้คะแนนจากการเขียนคำตอบถูกต้องได้ 1 คะแนน ในประเด็นของหน่วยนั้น ผู้สอนต้องชี้แจงให้กับผู้เรียนให้ชัดเจน ในกรณีผู้เรียนไม่เขียนหน่วย คำตอบอาจคลาดเคลื่อนได้

ข้อดีของข้อสอบชนิดเติมคำตอบ

- เดาคำตอบได้ยาก จึงสามารถจำแนกผู้เรียนได้ดี
- สร้างคำถามได้ง่าย
- สร้างเป็นข้อสอบคู่ขนานได้ง่าย
- ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบ

ข้อจำกัดของข้อสอบชนิดเติมคำตอบ

- ไม่สามารถใช้ได้กับผู้เรียนที่มีความบกพร่องในการเขียน
- ถ้าแนวทางการให้คะแนนไม่ชัดเจน จะทำให้การให้คะแนนไม่ตรงกัน

2) ข้อสอบชนิดแสดงวิธีทำหรือแสดงแนวคิด

ข้อสอบชนิดแสดงวิธีทำหรือแสดงแนวคิดเป็นข้อสอบที่ผู้สอนนิยมใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ เพราะเป็นข้อสอบที่สามารถออกถึงความเข้าใจ กระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหา การสื่อสาร การวางแผน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ตรวจสอบโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้อีกด้วย

ตัวอย่างข้อสอบชนิดแสดงวิธีทำหรือแสดงแนวคิด

1. ผู้สอนจัดเก้าอี้ 1,240 ตัว จำนวน 7 แถว แถวละเท่า ๆ กัน ได้แถวละกี่ตัว และเหลือเก้าอี้กี่ตัว
2. ธีระวัฒน์ยืนอยู่บนหน้าผาริมทะเลมองเห็นเรือกำลังพายเข้าหาฝั่งเป็นมุมก้ม 30 องศา ถ้าหน้าผาสูง 300 เมตร แล้วเรืออยู่ห่างจากหน้าผากี่เมตร

แนวทางการให้คะแนนข้อสอบชนิดแสดงวิธีทำหรือแสดงแนวคิด สามารถทำได้หลายวิธี แต่ส่วนใหญ่นิยมใช้แนวคิดของของรูปรีค ซึ่งแนวคิดของของรูปรีคจะกำหนดคำอธิบายหรือรายละเอียดของเกณฑ์ไว้อย่างชัดเจน มีการจัดลำดับและให้คะแนนโดยแบ่งออกเป็น ระดับคุณภาพต่าง ๆ เพื่อใช้ระบุความแตกต่างของผลงานหรือประสิทธิภาพของงาน ทั้งในด้าน

กระบวนการ (การประเมินจากการปฏิบัติ : Process) และ ผลผลิต (ผลงาน/ชิ้นงาน : Product) ของผู้เรียน (รัตนภรณ์ ทรงนภาวุฒิกุล, 2560) โดยทั่วไปแล้ว RUBRIC การประเมินสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ RUBRIC แบบองค์รวม (Holistic Rubric) และ RUBRIC แบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) ซึ่งในกรณีคณิตศาสตร์จะกำหนดแนวทางการให้คะแนนแบบองค์รวมตามความระดับความชัดเจนของการแสดงวิธีทำหรือแนวคิด และคำตอบ หรือแบบแยกองค์ประกอบที่กำหนดระดับคะแนนของคำตอบแต่ละประเด็นย่อย

แนวทางการให้คะแนนแบบองค์รวมจะพิจารณาให้คะแนนจากการตอบในภาพรวม อาจให้คะแนนเป็น 3 ระดับ คือ 1 2 และ 3 ดังนี้

ระดับคะแนน	คำอธิบาย
3	แสดงวิธีทำได้สมบูรณ์ และคำตอบถูกต้อง
2	แสดงวิธีทำถูกต้องสมบูรณ์ แต่คำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ได้สรุปคำตอบ
1	แสดงวิธีทำถูกต้องบางส่วน แต่ยังไม่สมบูรณ์ และคำตอบไม่ถูกต้อง หรือได้สรุปคำตอบ

แนวทางการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ จะพิจารณาให้คะแนนจากการตอบในแต่ละส่วน และกำหนดระดับคะแนนในแต่ละประเด็นเท่ากันหรือแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับน้ำหนักความสำคัญของการตอบ จากข้อสอบอาจกำหนดเป็น 3 ประเด็น โดยให้น้ำหนักความสำคัญของแต่ละประเด็นเท่ากัน ดังนี้

คะแนน	คำอธิบาย
1	แสดงวิธีการหาคำตอบได้สอดคล้องกับสถานการณ์หรือโจทย์
1	คำนวณค่าของจำนวนที่เป็นคำตอบได้ถูกต้อง
1	สรุปคำตอบได้ถูกต้อง
รวม 3 คะแนน	

ข้อดีของข้อสอบชนิดแสดงวิธีทำหรือแสดงแนวคิด

- สามารถวัดความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และกระบวนการทำงาน หรือการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดี
- ผู้สอนสามารถนำสถานการณ์ต่าง ๆ มาสร้างได้ง่าย
- ผู้เรียนจะเดาได้ยาก เพราะต้องมีการเขียนแสดงแนวคิด

ข้อจำกัดของข้อสอบชนิดแสดงวิธีทำหรือแสดงแนวคิด

- สร้างแนวทางการให้คะแนนที่เป็นปรนัยได้ยาก

- ไม่เหมาะกับผู้เรียนที่ไม่ชอบเขียน หรือไม่ชอบเขียนอธิบายเหตุผล

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านมโนทัศน์ เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

นอกจากการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์เพื่อตัดสินหรือสรุปผลแล้ว ปัจจุบันผู้สอนควรนำแนวคิดการประเมินเพื่อเรียนรู้ (Assessment for Learning) ไปประยุกต์ใช้ ซึ่งแนวคิดดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ และเป็นการประเมินตลอดกระบวนการจัดเรียนรู้มากกว่าการประเมินหลังเสร็จสิ้นกระบวนการ ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะใช้ในการวินิจฉัยผู้เรียน วางแผนการจัดการเรียนรู้ และการให้ข้อมูลย้อนกลับใช้เพื่อการปรับปรุงและพัฒนาอย่างทันที

อย่างไรก็ตามเมื่อผู้สอนได้ทำการทดสอบผู้เรียนแล้วพบว่า ผลการประเมินของผู้เรียนไม่ผ่าน ผู้สอนต้องวินิจฉัยว่าสาเหตุเกิดจากอะไร จะได้ทำการแก้ไข หรือปรับปรุง บางครั้งสาเหตุอาจเกิดจากผู้เรียนไม่เข้าใจมโนทัศน์ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน แต่บางครั้งอาจเกิดจากผู้เรียนคำนวณผิดพลาด หรือสับสนในการแทนค่า แต่ไม่ได้ไม่เข้าใจในมโนทัศน์นั้น ซึ่งข้อค้นพบนี้เป็นความผิดพลาดในคณิตศาสตร์ โดยมีนักวิชาการอธิบายแต่ละสาเหตุ เช่น อัสวิน บรรเทา (2558) ได้อธิบายว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เป็นความเชื่อและความเข้าใจที่ได้มาจากมโนคติ หรือความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ความรู้ที่ไม่สมบูรณ์คลุมเครือไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ มโนคติที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนคติหรือความรู้ที่ต่างจากความหมายอันเป็นที่ยอมรับของผู้เชี่ยวชาญ ในขณะที่ ขวัญชนก กิจเจริญ และไอริน ชุ่มเมืองเย็น (2566) อธิบายว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception) ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเชื่อ ความเข้าใจผิด หรือความเข้าใจไม่ถูกต้องในการนำไปใช้ในการแปลความที่ผิดในทางคณิตศาสตร์ อันเป็นมาจากการรับรู้ที่ไม่ถูกต้อง ไม่สมบูรณ์ หรือไม่ชัดเจนของแต่ละบุคคล และ Allen (2007) อธิบายว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เป็นความสัมพันธ์ทางความคิดซึ่งได้รับมาแต่อาจจะไม่เหมาะสมในบริบทบางอย่าง ความเข้าใจผิดนี้ไม่ได้อยู่อย่างอิสระแต่ขึ้นอยู่กับกรอบความคิดบางอย่างที่มีอยู่ และสามารถเปลี่ยนหรือหายไปได้เมื่อกรอบความคิดเปลี่ยน ในขณะที่ Carpmail et al. (2013) อธิบายว่า ข้อผิดพลาดในคณิตศาสตร์อาจเกิดจากสาเหตุที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นเกิดจากความสะเพร่า ขาดสมาธิในการทำงาน หรือการขาดความรู้ หรือความเข้าใจในเนื้อหา ข้อผิดพลาดบางอย่างสามารถทำนาย หรือแสดงให้เห็นถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งผู้มีความจำเป็นที่จะต้องมีความรู้เรื่องของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้ และทำไมข้อผิดพลาดจึงอาจเกิดขึ้น รวมไปถึงวิธีการคลี่คลายความยากลำบากของผู้เรียนสำหรับการเรียนที่ต่อเนื่องขึ้นไป และพรธิดา สุขกรม (2557) ได้อธิบายว่า ความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาด

ทางคณิตศาสตร์นั้นมีความแตกต่างกัน โดยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นความเข้าใจที่เกิดจากการเรียนรู้ที่ผิดไปจากความเป็นจริง แต่ข้อผิดพลาดนั้นเกิดขึ้นจากสาเหตุใหญ่คือความสะเพร่า วัณระมัดระวัง รวมไปถึงปัจจัยภายนอกด้านอื่น ๆ แต่ไม่ได้เกิดจากกระบวนการคิดที่ผิดเหมือนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมักแอบซ่อนอยู่โดยไม่ทันสังเกตเห็น หรือบางครั้งอาจซ่อนตัวอยู่ภายใต้คำตอบที่ถูกต้องก็เป็นได้ แต่ข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนจากการเขียนหรือการพูดของผู้เรียน

Wylie et al. (2010) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ความบกพร่องในการใช้แผนภาพ โมเดลและการนำเสนอในรูปแบบอื่น ซึ่งแผนภาพ โมเดล และการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ นั้นถูกใช้ทางคณิตศาสตร์ และบางครั้งอาจเกิด ความไม่แน่นอน ไม่สมบูรณ์หรือข้อจำกัดที่ไม่ชัดเจน ในขณะที่ผู้สอนอาจเข้าใจข้อจำกัด แต่ผู้เรียนยังคงพิจารณาแค่ตามตัวอักษร เช่น ผู้เรียนชั้นเล็ก ๆ ไม่ค่อยได้พบเห็นรูปสามเหลี่ยมที่มีฐานที่ไม่ใช่ตามแนวพื้นราบและอาจอธิบายว่าเป็นสามเหลี่ยมที่คว่ำลง

2. ความบกพร่องในการอ้างอิงในรูปทั่วไปหรือทำให้เป็นรูปอย่างง่าย โดยลักษณะและรายละเอียดของวิธีการทางคณิตศาสตร์การแสดงออกหรือแนวคิดที่อาจมีความเป็นนามธรรม ลักษณะทั่วไปหรือง่ายจนเกินไป เช่น ผู้เรียนต้องเข้าใจบางอย่างเมื่อความจริงทางคณิตศาสตร์ไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั่ว ๆ ไป เช่น การบวกจะมีผลต่อการขยายจำนวนเสมอ (ซึ่งไม่ถูกต้องหากเป็นจำนวนลบ)

3. ความสับสนในการใช้ภาษาและคำศัพท์ ซึ่งคำศัพท์และวลีที่ถูกใช้ในการสื่อสารในทั่ว ๆ ไป สามารถสร้างความสับสนหรือมีความหมายที่แตกต่างกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เช่น “mean”, “plane”, “point” มีความหมายแตกต่างจากภาษาที่ใช้สื่อสารในทั่ว ๆ ไป

4. ความบกพร่องในการยอมรับข้อความจริง โดยข้อความจริงที่มีพื้นฐานจากสัญชาตญาณเพียงอย่างเดียว หรือจากการให้เหตุผลที่ผิดพลาดสามารถทำให้เกิดความเข้าใจผิดได้ เช่น บางครั้งผู้เรียนมีความคิดที่ผิดว่าหลักแรกของทฤษฎีบทพีทาโกรัสเป็นตำแหน่งที่หนึ่ง

5. ความบกพร่องในการยอมรับการเทียบเท่าที่เป็นเท็จ วิธีการทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ หรือแนวคิดที่บางครั้งดูเทียบเท่าไม่ถูกต้อง เช่น ผู้เรียนอาจพยายามที่จะจัดการกับเศษส่วน โดยใช้การให้เหตุผลเรื่องจำนวนจริง โดยคิดว่าการคำนวณ เป็นเช่นเดียวกับ การทำงานร่วมกับทศนิยม หรือการสมมติว่าการลบและการหารมีสมบัติการสลับที่เช่นเดียวกับการบวกและการคูณ

ในขณะที่ Schnepfer and McCoy (2017) ได้แบ่งประเภทของข้อผิดพลาดเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. คำตอบที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete Answer) ตอบคำถามเพียงบางส่วน โดยไม่ครอบคลุมการแก้ปัญหาหรือข้อสรุปที่คำถามต้องการทั้งหมด
2. การใช้ข้อมูลผิด (Misused Data) ให้ข้อสรุปจากข้อมูลที่รวบรวมอยู่ในทางที่ไม่เหมาะสม แต่มีขั้นตอนการดำเนินการที่ถูกต้อง
3. ข้อผิดพลาดทางเทคนิค (Technical Error) ผิดพลาดในด้านการคำนวณ ผิดพลาดในการจัดการกับสัญลักษณ์ทางพีชคณิตพื้นฐาน สะเพร่า หรือผิดพลาดในการใช้กระบวนการ และทักษะที่มักจะเข้าใจในหลักสูตรเบื้องต้น
4. ข้อผิดพลาดที่เกิดจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้เรียนมาก่อนหน้า (Error Originating from Misconceptions of Previously Learned Material) ผิดพลาดในขั้นตอนตามมาหรือผิดพลาดจากการใช้ทักษะที่มักจะต้นแบบก่อนหน้านั้นในเนื้อหาเดียวกัน
5. การบิดเบือนบทนิยาม (Distorted Definition) เปลี่ยนแปลงคำนิยามที่มีความเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาของข้อคำถาม

และ Carpmail et al. (2013) ได้แบ่งแยกประเด็นของการเกิดข้อผิดพลาดโดยพิจารณาออกเป็น 3 ประเด็นหลัก ดังต่อไปนี้

1. ผู้เรียนกับข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ (The child and mathematical errors)
 - ประสบการณ์ (experience) ผู้เรียนมาโรงเรียนด้วยประสบการณ์ที่แตกต่างเฉพาะคน ซึ่งข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์อาจเกิดขึ้นเมื่อผู้สอนสันนิษฐานว่าผู้เรียนต่างมีความรู้อยู่แล้ว
 - ความชำนาญ (expertise) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนขาดความสามารถในการทำความเข้าใจถึงสิ่งที่โจทย์ต้องถามหา
 - ความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (mathematical knowledge and understanding) เมื่อผู้เรียนทำข้อผิดพลาด มักอาจเกิดจากการขาดความเข้าใจในกลยุทธ์กระบวนการขั้นตอนในการประยุกต์ใช้กลยุทธ์เทคนิคต่าง ๆ
 - จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ (imagination and creativity) ข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์อาจเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีจินตนาการ หรือความคิดสร้างสรรค์เมื่อต้องการ

ตัดสินใจหาคำตอบโดยใช้ประสบการณ์ที่ผ่านมาซึ่งอาจเป็นประสบการณ์ที่ผิดติดตัวมาและส่งผลให้คำตอบที่ได้ผิดตามไปด้วย

- ภาวะทางอารมณ์ (mood) ถ้าผู้เรียนไม่อยู่ในภาวะทางอารมณ์ที่พร้อมทำงาน หรือทำงานอย่างเร่งรีบ อาจก่อให้เกิดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการไม่ระวัง หรือสะเพร่า

- ทศคติและความมั่นใจ (Attitude and confidence) การเห็นคุณค่าในตนเองของผู้เรียนและทัศนคติที่มีต่อความสามารถของในวิชาคณิตศาสตร์ และผู้สอนอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของพวกเขา เช่น ผู้เรียนมีความสามารถในคณิตศาสตร์ แต่กลัวผู้สอน ดังนั้นจึงขาดความมั่นใจในการทำงาน ทำให้ทำได้ไม่เต็มที่ ซึ่งอาจส่งผลต่อการเกิดข้อผิดพลาดภายหลัง

2. ภาระงานกับข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ (The task and mathematical errors)

- ความซับซ้อนทางคณิตศาสตร์ (mathematical complexity) ข้อผิดพลาดอาจเกิดขึ้นได้หากภาระงานที่ได้รับยากจนเกินไป

- การนำเสนอที่ซับซ้อน (presentational complexity) ถ้าภาระงานไม่ถูกนำเสนอในทางที่เหมาะสม ผู้เรียนอาจเกิดความสับสนว่าโจทย์ต้องการอะไร

- การแปลความหมายที่ซับซ้อน (translation complexity) ผู้เรียนต้องอ่าน และตีความโจทย์เพื่อทำความเข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไร ข้อผิดพลาดก็อาจเกิดขึ้นได้ หากตีความโจทย์ไม่ถูกต้อง

3. ผู้สอนกับข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ (The teacher and mathematical errors)

- ประสบการณ์ (experience) ความรู้สามารถเพิ่มพูนได้จากการทำข้อผิดพลาด ผู้สอนสามารถเรียนรู้บทเรียนที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้จากการจัดการเรียนรู้

- ความชำนาญ (expertise) ความชำนาญไม่เพียงแต่ในวิชาเท่านั้นแต่ยังรวมถึง การติดต่อสื่อสารกับผู้เรียน เพื่อสร้างบรรยากาศในการเรียนให้เอื้อต่อการเรียนมากขึ้น

- ความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (mathematical knowledge and understanding) บางครั้งการที่ผู้สอนมีความรู้มากก็อาจส่งผลให้เกิดการไม่เข้าใจ ความยากของผู้เรียนซึ่งมีความรู้เพียงน้อยนิด อาจทำให้เกิดข้อจำกัดในการสอนมากขึ้น

- จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ (imagination and creativity) ผู้สอนที่มีความคิดสร้างสรรค์ พวกเขาอาจจะสอนแนวคิดในลักษณะที่กว้างขึ้น และกำลังมองหาวิธีการหรือทางเลือกซึ่งช่วยลดความน่าจะเป็นของความผิดพลาดในการเรียนรู้
- ภาวะทางอารมณ์ (mood) ภายใต้แรงกดดันของการสอนในปัจจุบันผู้สอนอาจมีความรู้สึกกดดันและเร่งรีบให้ทันเวลา ทำให้ผู้สอนไม่สามารถแสดงความสามารถได้อย่างเต็มที่
- ทักษะและความมั่นใจ (Attitude and confidence) ความคล้ายคลึงกับผู้เรียน ถ้าผู้สอนขาดความมั่นใจหรือไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ โอกาสเกิดข้อผิดพลาดในการสอนมักมีเพิ่มมากขึ้น

หลักการออกแบบเครื่องมือเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

1. วิเคราะห์ทักษะหรือเนื้อหาอย่างละเอียด และแบ่งทักษะย่อย ๆ หลาย ๆ ทักษะ ให้ชัดเจน
2. แบ่งทักษะย่อย เป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ตามมาตรฐานการเรียนรู้หรือสาระสำคัญ
3. รวบรวมสาเหตุของข้อสงสัย และข้อบกพร่องทางการเรียนในเนื้อหาแต่ละทักษะย่อยจากการสัมภาษณ์ผู้สอนและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. สร้างแบบทดสอบให้ความสามารถวัดทักษะย่อยเหล่านั้น โดยให้มีจำนวนข้อคำถามเพียงพอที่จะอธิบายถึงความบกพร่องหรือจุดด้อยของผู้เรียนในแต่ละทักษะย่อยนั้นได้
5. นำแบบทดสอบไปทดสอบ เพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบให้มีประสิทธิภาพ
6. เขียนคู่มือการใช้และแบบแผนการวินิจฉัย

ตัวอย่างแบบวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์

จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ว่าเป็นจริงหรือเท็จ โดยวงกลมล้อมตัวเลือกที่จริงหรือเท็จ พร้อมให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ

1. $\sqrt{x^2}$ เป็นจำนวนตรรกยะทุก ๆ ค่าของ x ที่เป็นจำนวนจริง

ข้อความนี้เป็น (จริง / เท็จ) เนื่องจาก

2. $\frac{\sqrt{27}}{\sqrt{3}}$ เป็นจำนวนนับ

ข้อความนี้เป็น (จริง / เท็จ) เนื่องจาก

3. จากอสมการ $2^{x^2+2x+8} > 4^{x+14}$ ให้ผู้เรียนแสดงวิธีหาค่าตอบของอสมการอย่างละเอียด พร้อมทั้งวาดเส้นจำนวนแสดงช่วงคำตอบของอสมการ โดยเลือกวิธีการแก้อสมการที่ให้มาเพียง 1 วิธี จากวิธีที่ 1 หรือวิธีที่ 2 วิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้นที่ผู้เรียนคิดว่าถูกต้องเหมาะสม เพื่อใช้ในการแก้อสมการต่อไป พร้อมบอกเหตุผลที่เลือกใช้วิธีดังกล่าว

วิธีที่ 1 เมื่อพิจารณาฐานของเลขยกกำลังพบว่า $2 < 4$ ดังนั้นเลขชี้กำลังของ 2 ควรมากกว่าเลขชี้กำลังของ 4 นั่นคือ $x^2 + 2x + 8 > x + 14$

จะได้ว่า

เขียนแสดงช่วงคำตอบของอสมการบนเส้นจำนวนได้ดังนี้

.....

วิธีที่ 2 เริ่มต้นโดยทำฐานให้เท่ากัน คือ นั่นคือ $2^{x^2+2x+8} > 2^{2(x+14)}$ นั่นคือ $x^2 + 2x + 8 > 2(x + 14)$ และ $x^2 + 2x + 8 > 2x + 28$

จะได้ว่า

เขียนแสดงช่วงคำตอบของอสมการบนเส้นจำนวนได้ดังนี้

.....

สาเหตุใดจึงเลือกวิธีข้างต้น

ที่มา : พรธิตา สุขกรม (2557)

1. $\frac{5}{2} + \frac{7}{4}$ มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $\frac{(5 \times 2) + 7}{4}$

ข. $\frac{5+7}{2+4}$

ค. $\frac{5+7}{2 \times 4}$

ง. $\frac{5+2}{2+2} + \frac{7}{4}$

2. $\frac{5}{2} - \frac{2}{4}$ มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $\frac{5-2}{2-4}$

ข. $\frac{(5 \times 2) - 2}{4}$

ค. $\frac{5-2}{2 \times 4}$

ง. $\frac{5+2}{2+2} - \frac{2}{4}$

3. $2\frac{1}{4} + \frac{2}{3}$ มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $\frac{23 - (7 \times 2)}{6}$

ข. $\frac{23-7}{6-3}$

ค. $\frac{(15 \times 3) - (2 \times 6)}{6 \times 3}$

ง. $\frac{5-1}{6-3}$

4. $\frac{5}{6} \times \frac{3}{10}$ มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $\frac{(5 \times 10) \times (3 \times 6)}{6 \times 10}$

ข. $\frac{5 \times 3}{6 \times 10}$

ค. $\frac{(5 \times 10) + (3 \times 6)}{6 \times 10}$

ง. $\frac{5 \times 10}{6 \times 3}$

ที่มา : นัฐพงษ์ ทองเชื้อ (2559)

1. ข้อใดกล่าวผิด

ก. ห้าพจน์แรกของลำดับที่ $a_n = \frac{1}{n+1}$ คือ $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}$

ข. ห้าพจน์แรกของลำดับที่ $a_n = \left(\frac{1}{2}\right)^n$ คือ $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}$

ค. ห้าพจน์แรกของลำดับที่ $a_n = 2^{n-1}$ คือ $1, 2, 4, 8, 16$

ง. ห้าพจน์แรกของลำดับที่ $a_n = \left(\frac{n}{2}\right)^2$ คือ $\frac{1}{4}, 1, 1\frac{1}{4}, 4, 6\frac{1}{4}$

จ. ห้าพจน์แรกของลำดับที่ $a_n = \frac{4n-n^2}{n}$ คือ $3, 2, 1, 0, -1$

2. พิจารณาลำดับที่กำหนดให้ต่อไปนี้

A กล่าวว่่า $3, 7, 11, 15, \dots$ เป็นลำดับเลขคณิต

B กล่าวว่่า $1, 4, 9, 16, \dots$ เป็นลำดับเรขาคณิต

C กล่าวว่่า $-9, -2, 5, 12, \dots$ เป็นลำดับเลขคณิต

D กล่าวว่่า $4, 8, 16, 32, \dots$ เป็นลำดับเรขาคณิต

ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด

ก. A, B, C

ข. B, C, D

ค. A, C, D

ง. A, B, D

จ. A, B, C, D

3. ร้านขายผลไม้แห่งหนึ่ง ในช่วงฤดูกาลของทุเรียน ทำให้ลูกค้าให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก ร้านค้าได้มีการบันทึกยอดการขายไว้ดังนี้ วันแรกขายได้ 200 กิโลกรัม วันที่สองขายได้ 182 กิโลกรัม วันที่สามขายได้ 164 กิโลกรัม วันที่สี่ขายได้ 146 กิโลกรัม ยอดการขายเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ อยากทราบว่าในวันที่ 10 ของการขาย ร้านขายผลไม้แห่งนี้ขายได้น้อยกว่าวันแรกกี่กิโลกรัม

ก. 162 กิโลกรัม

ข. 160 กิโลกรัม

ค. 146 กิโลกรัม

ง. 144 กิโลกรัม

จ. 124 กิโลกรัม

ที่มา : กมลทิพย์ รูปคำ (2565)

สรุปประจําบทที่ 2

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านพุทธิปัญญาเป็นการวัดและประเมินผลด้านมโนทัศน์ โดยนิยมวัดลำดับขั้นทางสติปัญญาตามแนวคิดของบลูม เครื่องมือที่นิยมใช้คือแบบทดสอบ แบบทดสอบจะประกอบไปด้วยข้อสอบชนิดต่าง ๆ ดังนี้ 1) ข้อสอบแบบเลือกตอบ ประกอบด้วย ข้อสอบชนิดเลือกตอบ (มีตัวเลือก) ข้อสอบชนิดถูกผิด ข้อสอบชนิดจับคู่ และข้อสอบชนิดเปรียบเทียบ 2) ข้อสอบแบบเขียนตอบ ประกอบด้วย ข้อสอบชนิดเติมคำตอบ และข้อสอบชนิดแสดงวิธีทำหรือแสดงแนวคิด โดยข้อสอบจะเป็นชุดคำถามที่เมื่อผู้เรียนอ่านแล้วจะกระตุ้นให้ตอบ หรือแสดงพฤติกรรมในการหาคำตอบ นอกจากแบบทดสอบยังสามารถช่วยให้ผู้สอนตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ หรือข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เป็นความเชื่อและความเข้าใจที่ได้มาจากมโนทัศน์ หรือความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ความรู้ที่ไม่สมบูรณ์คลุมเครือไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ ส่วนข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์เป็นความผิดพลาดที่เกิดความสับสนว่าไม่ระมัดระวัง รวมไปถึงปัจจัยภายนอกด้านอื่น ๆ

คำถามท้ายบทที่ 2

ตอบคำถาม

1. จงอธิบายความสำคัญของลำดับขั้นทางสติปัญญาตามแนวคิดบลูมในการออกข้อสอบ
2. จงอธิบายข้อดีและข้อจำกัดของข้อสอบแบบเลือกตอบแต่ละชนิด
3. จงอธิบายข้อดีและข้อจำกัดของข้อสอบแบบแบบเขียนตอบแต่ละชนิด
4. ให้นักศึกษาเลือกตัวชี้ 1 ตัวชี้วัด จากกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) พร้อมทั้งสร้างแบบทดสอบที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดนั้น
5. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนกับข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์
6. ให้นักเรียนเลือกชั้นเรียนที่สนใจ 1 ชั้น พร้อมทั้งสร้างแบบทดสอบสำหรับวินิฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนกับข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์

อ้างอิง

- กมลทิพย์ ธูปคำ. (2565). การสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง ลำดับ และอนุกรม โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ (การค้นคว้าอิสระปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).
<https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/6546/3/KamonthipThupkham.pdf>
- ขวัญชนก กิจเธาว์ และไอริน ชุ่มเมืองเย็น. (2565). การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิต ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 5(3), 144-154.
- นัฐพงษ์ ทองเชื้อ. (2559). การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดสมุทรปราการ เขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 6. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง).
<https://digital.lib.ru.ac.th/m/b11993662/NattapongThongchuea.pdf>
- พรธิดา สุขกรม. (2557). การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 และเขต 2 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
<https://doi.org/10.58837/CHULA.THE.2014.36>
- รัตนภรณ์ ทรงนภาวุฒิกุล. (2560). การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยการให้คะแนนแบบรูบริก: Scoring Rubrics. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม*, 12(1), 1-14.
- อัศวิน บรรเทา. (2558). การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เรื่อง การหารเศษส่วนของ ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิจัย มช. สาขามนุษยศาสตร์ฯ (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 3(3), 12 – 24.
- Allen, D. G. (2007). *Student thinking*. http://mtc.tamu.edu/9-12/index_9-12.htm?9-12M2L1.htm
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives: Complete Edition*. New York: Longman.

- Bloom, B. S. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Carpmail, B., Chapman & Crowder. (2013). *Misconceptions with the key objectives*.
<https://www.ncetm.org.uk/public/files/2042723/>
- Schnepper, Lauren C. and McCoy, Leah P. (2017). Analysis of Misconceptions in High School Mathematics. *Networks: An Online Journal for Teacher Research*, 15(1), 1-7. <https://dx.doi.org/10.4148/2470-6353.1066>
- Wylie, C., Ciofalo, J., & Mavronikolas, E. (2010). *Documenting, diagnosing and treating misconceptions: Impact on student learning*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Denver, CO.

บทที่ 3

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและกระบวนการเป็นคำที่ผู้สอนมักคุ้นชิน ราชบัณฑิตยสถาน (online) ได้อธิบายว่าทักษะคือ ความชำนาญ ซึ่งคำนี้มีพัฒนาการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไป ในอดีตเมื่อกล่าวถึงทักษะและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผู้สอนหรือผู้เรียนมักคิดถึงการคิดคำนวณ การบวก การลบ การคูณ การหาร การท่องสูตรคูณ หรือแม้กระทั่งการแก้โจทย์ปัญหา อย่างไรก็ตามตั้งแต่หลักสูตรการศึกษาขั้น พื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ได้มีการกำหนดอย่างชัดเจนว่าทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ ผู้เรียนต้องมีคืออะไรบ้าง และมีแนวทางอย่างไรในการพัฒนา

มีการศึกษาได้อธิบายคำว่าทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้มากมาย เช่น จูไรรัตน์ ปิ่งผลพูล (2555) ได้อธิบายว่าทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถ หรือความ ชำนาญในการปฏิบัติงาน หรือปฏิบัติกิจกรรมคณิตศาสตร์อย่างมีระบบ โดยสามารถปฏิบัติได้ดี มีคุณภาพ มีความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วซึ่งประกอบด้วย 5 ทักษะ คือ ทักษะด้านการแก้ปัญหา ทักษะด้านการให้เหตุผล ทักษะด้านการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ทักษะด้านการเชื่อมโยงความรู้ และทักษะด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซึ่งในการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุมาตรฐานด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว ผู้สอน ต้องให้ออกาสผู้เรียนได้ฝึกคิดด้วยตนเองให้มาก โดยการจัดสถานการณ์หรือปัญหาให้เหมาะสมกับ ศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคน อังคณา สุวรรณพัฒน์ (2556) กล่าวว่า ทักษะและกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ คือ กระบวนการปฏิบัติที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ซึ่งมีรูปแบบและขั้นตอนใน การดำเนินการ สามารถตรวจสอบได้โดยที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติ หรือแสดงพฤติกรรมได้อย่าง เหมาะสม ซึ่งทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้ให้ความหมายของทักษะและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกำหนดทักษะและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ในหลักสูตร 5 ทักษะ คือ การแก้ปัญหา การสื่อสารและสื่อความหมายทาง คณิตศาสตร์ การเชื่อมโยง การให้เหตุผล ความคิดสร้างสรรค์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพราะ เป็นการนำมโนทัศน์ต่าง ๆ ของคณิตศาสตร์มาไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง หรือแก้ปัญหาต่างใน

สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้นมีความหมาย และให้ผู้เรียนได้เห็นถึงประโยชน์ของคณิตศาสตร์ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผู้สอนจึงจำเป็นต้องพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์พร้อมกับการเรียนรู้โมทัศน์ทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนนำโมทัศน์มาช่วยในการแก้ปัญหา กระตุ้น หรือใช้คำถามให้ผู้เรียนเกิดการคิด การลงมือทำ อธิบาย หรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อกับคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ม.ป.ป.)¹ ได้กำหนดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ 5 ทักษะ พร้อมทั้งอธิบายโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการประยุกต์ความรู้ ขั้นตอน หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กลวิธีและยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์มักเป็นปัญหาที่ผู้เรียนไม่คุ้นเคย และต้องใช้การคิดที่หลากหลาย เช่น คิดวิเคราะห์ คิดเชื่อมโยง คิดเชิงตรรกะ เพื่อหาแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด (สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) นอกจากนี้การแก้ปัญหายังเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนควรเรียนรู้ ผักผ่อน และพัฒนาให้เกิดทักษะขึ้นในตนเองเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ เพื่อให้ผู้เรียนมีแนวทางในการคิดที่หลากหลาย รู้จักประยุกต์และปรับเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสม รู้จักตรวจสอบและสะท้อนกระบวนการแก้ปัญหา มีนิสัยกระตือรือร้น ไม่ย่อท้อ รวมถึงมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน การแก้ปัญหายังเป็นทักษะพื้นฐานที่ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตรจริงได้ การส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพควรใช้สถานการณ์หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กระตุ้น ดึงดูดความสนใจส่งเสริมให้มีการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนและกระบวนการแก้ปัญหาและยุทธวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลายการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะและกระบวนการแก้ปัญหาผู้สอนต้องให้ออกาสผู้เรียนได้ฝึกคิดด้วยตนเองให้มาก โดยจัดสถานการณ์หรือปัญหาหรือเกมที่น่าสนใจ ทำท่ายให้อายากคิด เริ่มด้วยปัญหาที่เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคน หรือผู้เรียนแต่ละกลุ่มโดยอาจเริ่มด้วยปัญหาที่ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้ที่เรียนมาแล้วมาประยุกต์ก่อนต่อจากนั้นจึงเพิ่มสถานการณ์หรือปัญหาที่แตกต่างจากที่เคยพบมา สำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถสูงผู้สอนควรเพิ่มปัญหาที่ยากซึ่งต้องใช้ความรู้ที่ซับซ้อน หรือมากกว่าที่กำหนดไว้ในหลักสูตรให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดด้วยในการเริ่มพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะและกระบวนการแก้ปัญหา ผู้สอนจะต้องสร้างพื้นฐานให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งมีอยู่ 4 ขั้นตอนแล้ว จึงฝึกทักษะในการแก้ปัญหาดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหาเป็นการพิจารณาว่าสถานการณ์ที่กำหนดให้เป็นปัญหาเกี่ยวกับอะไร ต้องการให้หาอะไร กำหนดอะไรให้บ้าง เกี่ยวข้องกับความรู้ใดบ้าง การทำความเข้าใจปัญหาอาจใช้วิธีการต่าง ๆ ช่วย เช่น การวาดภาพ การเขียนตาราง การบอก หรือเขียนสถานการณ์ปัญหาด้วยภาษาของตนเอง

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหาเป็นการพิจารณาว่าจะแก้ปัญหาด้วยวิธีใดจะแก้ได้อย่างไร รวมถึงพิจารณาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปัญหา ผสมผสานกับประสบการณ์การแก้ปัญหาที่ผู้เรียนมีอยู่เพื่อกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา และเลือกยุทธวิธีแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหาเป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนหรือแนวทางที่วางไว้ จนสามารถหาคำตอบได้ ถ้าแผนหรือยุทธวิธีที่เลือกไว้ไม่สามารถหาคำตอบได้ผู้เรียนต้องตรวจสอบความถูกต้องของแต่ละขั้นตอนในแผนที่วางไว้ หรือเลือกยุทธวิธีใหม่จนกว่าจะได้คำตอบ

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบเป็นการพิจารณาความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ ผู้เรียนอาจมองย้อนกลับไปพิจารณายุทธวิธีอื่น ๆ ในการหาคำตอบ และขยายแนวคิดไปใช้กับสถานการณ์ปัญหาอื่น

ผู้เรียนอาจเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหา แต่บางคนแม้จะเรียนรู้การแก้ปัญหาแต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ เนื่องจากหลายปัจจัยดังนี้

- 1) ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่มาแปลความ ตีความ หรือวิเคราะห์ เพื่อให้มีความเข้าใจในปัญหา รวมถึงการเลือกใช้เทคนิคหรือกลวิธีที่จะช่วยทำให้ปัญหาที่มีความชัดเจนมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่แนวทางการหาคำตอบ
- 2) ความรู้พื้นฐาน ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนมีอยู่เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนคิดและหาวิธีแก้ปัญหา ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานดี จะสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่มีไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย และมีประสิทธิภาพ
- 3) ประสบการณ์ในการแก้ปัญหา ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหามักสามารถระลึกถึงขั้นตอนและวิธีการแก้ปัญหา รวมถึงกลวิธีแก้ปัญหาได้หลากหลาย ทำให้สามารถตัดสินใจเลือกใช้วิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพได้อย่างรวดเร็ว
- 4) เจตคติต่อการแก้ปัญหา ผู้เรียนที่มีเจตคติที่ดีต่อการแก้ปัญหาก็มีความพยายามและความอดทนในการแก้ปัญหา ซึ่งในกระบวนการปัญหานั้นว่าจะได้คำตอบหรือไม่ ผู้เรียนจะได้เรียนรู้และพัฒนาประสบการณ์จากการคิด และการทำงานเพื่อแก้ปัญหา

2. การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นวิธีการแลกเปลี่ยนความคิดและสร้างความเข้าใจระหว่างบุคคล ผ่านช่องทางการสื่อสารต่าง ๆ ได้แก่ การฟัง การพูด การอ่าน การเขียน การสังเกต และการแสดงท่าทาง การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์จึงเป็นกระบวนการสื่อสารที่นอกจากนำเสนอผ่านช่องทางการสื่อสาร การฟัง การพูด การอ่าน การเขียน การสังเกต และการแสดงท่าทาง ตามปกติแล้วยังเป็นการสื่อสารที่มีลักษณะพิเศษ โดยมีการใช้สัญลักษณ์ ตัวแปร ตาราง กราฟ สมการ อสมการ ฟังก์ชัน หรือแบบจำลอง เป็นต้น มาช่วยในการสื่อความหมาย การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ยังเป็นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือกระบวนการคิดของตนให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และมีประสิทธิภาพ การที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย หรือการเขียนเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ และความคิดเห็นถ่ายทอดประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น จะช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีความหมาย เข้าใจได้อย่างกว้างขวางลึกซึ้ง และจดจำได้นานมากขึ้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ทำได้ทุกเนื้อหาที่ต้องการให้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา เช่น ในวิชาเรขาคณิตมีเนื้อหาที่ต้องฝึกการวิเคราะห์ การให้เหตุผล และการพิสูจน์ ผู้เรียนต้องฝึกทักษะในการสังเกต การนำเสนอรูปภาพต่าง ๆ เพื่อสื่อความหมายแล้วนำความรู้ทางเรขาคณิตไปอธิบายปรากฏการณ์และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง การจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ในวิชาพีชคณิต เป็นการฝึกทักษะให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ปัญหา สามารถเขียนปัญหาในรูปแบบของตาราง กราฟ หรือข้อความ เพื่อสื่อสารความสัมพันธ์ของจำนวนเหล่านั้น ขั้นตอนในการดำเนินการเริ่มจากการกำหนดโจทย์ปัญหาให้ผู้เรียนวิเคราะห์ กำหนดตัวแปร เขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปแบบของสมการหรืออสมการตามเงื่อนไขที่กำหนด และดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางพีชคณิต

การจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์มีแนวทางในการดำเนินการดังนี้

- 1) กำหนดโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจและเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน
- 2) ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตนเอง โดยผู้สอนชี้แนะแนวทางในการสื่อสารและการสื่อความหมาย

การฝึกทักษะและกระบวนการนี้ต้องทำอย่างต่อเนื่อง โดยสอดแทรกอยู่ทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ให้ผู้เรียนคิดตลอดเวลาที่เห็นปัญหาว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น จะมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร เขียนรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นอย่างไร จะใช้ภาพ ตาราง หรือกราฟใดช่วยในการสื่อความหมาย

3. การเชื่อมโยง เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผล ระหว่างความรู้ ทักษะและกระบวนการที่มีในเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การ แก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้น การที่ผู้เรียนเห็นการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และความสัมพันธ์ ระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้ลึกซึ้ง และมีความคงทนในการเรียนรู้ ตลอดจนช่วยให้ผู้เรียนเห็นว่าคณิตศาสตร์มีคุณค่า น่าสนใจ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงได้ ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ และมีพื้นฐานในการที่จะนำไปศึกษาต่อจำเป็นต้องบูรณาการเนื้อหาต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์เข้า ด้วยกัน เช่น การใช้ความรู้เรื่องเซตในการให้คำจำกัดความ หรือบทนิยามในเรื่องต่าง ๆ เช่น บทนิยาม ของฟังก์ชันในรูปของเซต บทนิยามของลำดับในรูปของฟังก์ชัน นอกจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหา ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ด้วยกันแล้วยังมีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ โดยใช้คณิตศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และใช้การแก้ปัญหา เช่น เรื่องการเงิน การคิดดอกเบี้ยทบต้นก็อาศัยความรู้ ในเรื่องเลขยกกำลังและผลบวกของอนุกรม ในงานศิลปะและการออกแบบบางชนิดก็ใช้ความรู้ เกี่ยวกับรูปเรขาคณิต นอกจากนั้นแล้วยังมีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในวิชาชีว พบบางอย่างโดยตรง เช่น การตัดเย็บเสื้อผ้า งานคหกรรมเกี่ยวกับอาหารงานเกษตร งานออกแบบสร้าง หีบห่อ บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ รวมถึงการนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตจริง เช่น การซื้อขาย การชั่ง ตวง วัด การคำนวณระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเดินทาง การวางแผนในการออมเงินไว้ใช้ในชว่บั้น ปลายของชีวิต

องค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมการพัฒนาการเรียนรู้ทักษะและกระบวนการการเชื่อมโยงความรู้ ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ มีดังนี้

- 1) มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเด่นชัดในเรื่องนั้น
- 2) มีความรู้ในเนื้อหาที่จะนำไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่น ๆ ที่ต้องการเป็นอย่างดี
- 3) มีทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างความรู้และทักษะและกระบวนการ ที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้อง
- 4) มีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความสัมพันธ์และเชื่อมโยง คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ หรือคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ที่ต้องเกี่ยวข้อง
- 5) มีความเข้าใจในการแปลความหมายของคำตอบที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่า มีความเป็นไปได้หรือสอดคล้องกับสถานการณ์นั้น ๆ อย่างสมเหตุสมผล

ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะและกระบวนการการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์นั้นผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ ปัญหาสอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันเพื่อให้ผู้เรียนได้มีการปฏิบัติจริง และมีทักษะและกระบวนการเชื่อมโยงความรู้ ผู้สอนอาจมอบหมายงานหรือกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ไปศึกษาค้นคว้าหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมนั้น ๆ แล้วนำเสนองานต่อผู้สอนและผู้เรียน ให้มีการอภิปรายและหาข้อสรุปร่วมกัน

4. การให้เหตุผล เป็นกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการรวบรวมข้อเท็จจริง ข้อความแนวคิด สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ แจกแจงความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดข้อเท็จจริงหรือสถานการณ์ใหม่ การให้เหตุผลเป็นทักษะและกระบวนการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างเป็นระบบ สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม การคิดอย่างมีเหตุผลเป็นเครื่องมือสำคัญที่ผู้เรียน จะนำไปใช้พัฒนาตนเองในการเรียนรู้สิ่งใหม่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานและการดำรงชีวิต

การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนรู้จักคิดและให้เหตุผลเป็นสิ่งสำคัญ โดยทั่วไปเข้าใจกันว่าการฝึกให้รู้จักให้เหตุผลที่ง่ายที่สุด คือ การฝึกจากการเรียนเรขาคณิตตามแบบยูคลิด เพราะมีโจทย์เกี่ยวกับการให้เหตุผลมากมาย มีทั้งการให้เหตุผลอย่างง่าย ปานกลาง และยาก แต่แท้ที่จริงแล้วการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิดและให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผลนั้นสามารถสอดแทรกได้ในการเรียนรู้ทุกเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์ และวิชาอื่น ๆ ด้วย

องค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างมีเหตุผลและรู้จักให้เหตุผลมีดังนี้

- 1) ควรให้ผู้เรียนได้พบกับโจทย์ หรือปัญหาที่ผู้เรียนสนใจ เป็นปัญหาที่ไม่ยากเกินความสามารถของผู้เรียนที่จะคิด และให้เหตุผลในการหาคำตอบได้
- 2) ให้ผู้เรียนมีโอกาสและเป็นอิสระที่จะแสดงออกถึงความคิดเห็นในการใช้และให้เหตุผลของตนเอง
- 3) ผู้สอนช่วยสรุปและชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจว่า เหตุผลของผู้เรียนถูกต้องตามหลักเกณฑ์หรือไม่ ขาดตกบกพร่องอย่างไร

การเริ่มต้นที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ และเกิดทักษะในการให้เหตุผลผู้สอนควรจัดสถานการณ์หรือปัญหาที่น่าสนใจให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนและคอยช่วยเหลือโดยกระตุ้นหรือชี้แนะอย่างกว้าง ๆ โดยใช้คำถามกระตุ้นด้วยคำว่า “ทำไม” “อย่างไร” “เพราะเหตุใด” เป็นต้น พร้อมทั้งให้ข้อคิดเพิ่มเติมอีก เช่น “ถ้า... แล้ว...” “ผู้เรียนคิดว่า... จะเป็นอย่างไร” ผู้เรียนที่ให้เหตุผลได้ไม่สมบูรณ์ ผู้สอนต้องไม่ตัดสินด้วยคำว่าไม่ถูกต้อง แต่อาจใช้คำพูดเสริมแรงและให้กำลังใจว่า คำตอบที่ผู้เรียนตอบมามีบางส่วนถูกต้อง ผู้เรียนคนใดจะให้คำอธิบายหรือให้เหตุผลเพิ่มเติมของเพื่อนได้อีกบ้าง เพื่อให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ร่วมกันมากยิ่งขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดอย่างหลากหลาย โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ควรเป็นปัญหาปลายเปิด (open – ended problem) ที่ผู้เรียนสามารถแสดงความคิดเห็น หรือให้เหตุผลที่แตกต่างกันได้

5. การคิดสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการคิดที่อาศัยความรู้พื้นฐานจินตนาการและวิจารณ์ญาณ ในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ความคิดสร้างสรรค์มีหลายระดับ ตั้งแต่ระดับพื้นฐานที่สูงกว่าความคิดพื้น ๆ เพียงเล็กน้อย ไปจนกระทั่งเป็นความคิดที่อยู่ในระดับสูงมาก

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จะช่วยให้ผู้เรียนมีแนวทางการคิดที่หลากหลาย มีกระบวนการคิด จินตนาการในการประยุกต์ ที่จะนำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่และมีคุณค่าที่คนส่วนใหญ่คาดคิดไม่ถึงหรือมองข้าม ตลอดจนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีนิสัยกระตือรือร้น ไม่ย่อท้อ อยากรู้อยากเห็น อยากรู้จักและทดลองสิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ

บรรยากาศที่ช่วยส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ได้แก่ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิด และนำเสนอแนวคิดของตนเองอย่างอิสระภายใต้การให้คำปรึกษาแนะนำของผู้สอน การจัดกิจกรรม การเรียนรู้สามารถเริ่มต้นจากการนำเสนอปัญหาที่ท้าทาย น่าสนใจ เหมาะกับวัยของผู้เรียนและเป็นปัญหาที่ผู้เรียนสามารถนำความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่มาใช้แก้ปัญหาได้ การแก้ปัญหาควรจัดเป็นกิจกรรมในลักษณะร่วมกันแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกับการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เสนอแนวคิดหลาย ๆ แนวคิด เป็นการช่วยเสริมเติมเต็ม ทำให้ได้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่สมบูรณ์และหลากหลาย

ปัญหาปลายเปิดซึ่งเป็นปัญหาที่มีคำตอบหลายคำตอบ หรือมีแนวคิดหรือวิธีการในการหาคำตอบได้หลายอย่าง เป็นปัญหาที่ช่วยส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียน สำหรับปัญหาที่มีหลายคำตอบ เมื่อผู้เรียนคนหนึ่งหาคำตอบหนึ่งได้แล้ว ก็ยังมีสิ่งท้าทายให้ผู้เรียนคนอื่น ๆ คิดหาคำตอบอื่น ๆ ที่เหลืออยู่ สำหรับปัญหาที่มีแนวคิด หรือวิธีการในการหาคำตอบได้หลายอย่าง แม้ว่าผู้เรียนจะหาคำตอบได้ ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นตระหนักถึงการให้ความสำคัญกับแนวคิด หรือวิธีการ

ในการหาคำตอบนั้นด้วยการส่งเสริมและยอมรับแนวคิด หรือวิธีการที่หลากหลายของผู้เรียน ในการให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้แนวคิดหรือวิธีการหลาย ๆ อย่างในการแก้ปัญหาปัญหาหนึ่ง เป็นสิ่งที่มีคุณค่ามากกว่าการให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาหลาย ๆ ปัญหาโดยใช้แนวคิดหรือวิธีการเพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้การให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสร้างปัญหาขึ้นเองให้มีโครงสร้างของปัญหาคล้ายกับปัญหาเดิมที่ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการแก้มาแล้วจะเป็นการช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจปัญหาเดิมอย่างแท้จริง และเป็นการช่วยส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียนอีกด้วย

แนวทางการวัดและประเมินผลทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนจะอธิบายโมทัศน์ทางคณิตศาสตร์ร่วมกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ตลอดเวลา ทำให้การวัดและประเมินผลทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงไม่อาจแยกออกจากมิติด้านความรู้ได้ สุนารี ศรีบุญ (2561) อธิบายว่า แบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ดีจะต้องสามารถวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลาย ทั้งในด้านความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

แนวทางการวัดและประเมินผลทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ต้องสังเกตได้จากพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออก ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตาราง 3.1 ตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงออกในแต่ละทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
(ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	พฤติกรรมที่แสดงออก
การแก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> - ทำความเข้าใจปัญหาโดยระบุประเด็นปัญหา กำหนดตัวแปร และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร - สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้ - ดำเนินการวางแผนและลงมือแก้ปัญหา - ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ - ตรวจสอบความถูกต้องและความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหา - ตรวจสอบขั้นตอนการแก้ปัญหา - ตรวจสอบความถูกต้องและสมเหตุสมผลของคำตอบ
การสื่อสาร	<ul style="list-style-type: none"> - เลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมายและนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม - สื่อความหมายของสิ่งที่อ่านหรือฟังได้อย่างชัดเจน - อธิบายความคิดหรือการทำงานของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจน - ใช้ข้อความ คัพท์ สูตร สมการ หรือแผนภูมิที่เป็นสากล ประกอบตามลำดับขั้นตอนของการนำเสนอได้เป็นระบบ ชัดเจน และเหมาะสม - บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล - สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้ - เสนอแนวคิดที่เหมาะสมกับปัญหา
การเชื่อมโยง	<ul style="list-style-type: none"> - หาความสัมพันธ์ของความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกัน - เชื่อมโยงสถานการณ์จริงกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ - หาข้อสรุปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ - เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้โมทัศน์ที่ซับซ้อน - สรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ
การให้เหตุผล	<ul style="list-style-type: none"> - รวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแก้ปัญหา - เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล - ตัดสินความถูกต้องของข้อสรุป - เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนของการให้เหตุผลและลงข้อสรุป - ตรวจสอบความถูกต้องและสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล
การคิดสร้างสรรค์	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้ความรู้หรือโมทัศน์เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ - สร้างสรรค์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์หรือชิ้นงานที่มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ - คิดค้นวิธีการเรียนรู้หรือแก้ปัญหาที่แปลกใหม่

แบบประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือการประเมินที่การกำหนดสถานการณ์หรือกิจกรรมต่าง ๆ ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และประเมินพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนได้โดยตรงในระหว่างการทำกิจกรรม เช่น การวางแผนการทำงาน การดำเนินการตามแผน การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ การบันทึกข้อมูล การจัดการกระทำกับข้อมูล การวิเคราะห์ การแปลผล การลงสรุป รวมทั้งการเสนอแนะแนวทางที่จะนำความรู้ไปใช้ ทั้งนี้มีการเสนอแนะทางการให้คะแนนทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง หรือการนำผลการประเมินไปใช้ซึ่งมีหลากหลายดังนี้

ตาราง 3.2 ตัวอย่างแนวทางการให้คะแนนด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของสถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกรมวิชาการ

(ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2544)

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
การแก้ปัญหา	4 (ดีมาก)	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน
	3 (ดี)	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ แต่น่าจะอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวได้ดีกว่านี้
	2 (พอใช้)	มียุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จเพียงบางส่วน อธิบายเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้บางส่วน
	1 (ต้องปรับปรุง)	ความสามารถที่ปรากฏ มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหาบางส่วน อธิบาย เหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวได้บางส่วน
	0 (ไม่พยายาม)	ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ข้างต้นหรือไม่มีร่องรอยการ ดำเนินการแก้ปัญหา
การสื่อสาร	4 (ดีมาก)	มีการสื่อสาร การสื่อ ความหมายทาง คณิตศาสตร์ และการ นำเสนอ ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิหรือตารางแสดงข้อมูล ประกอบตามลำดับขั้นตอนเป็นระบบ กระชับ ชัดเจน และมีรายละเอียดสมบูรณ์
	3 (ดี)	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้ตาราง แสดงข้อมูล กราฟ หรือแผนภูมิ ประกอบตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้อง แต่ยังขาด รายละเอียดที่สมบูรณ์

ทักษะและ กระบวนการ ทางคณิตศาสตร์	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	2 (พอใช้)	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ พยายาม นำเสนอโดยใช้ตาราง แสดงข้อมูล กราฟ หรือแผนภูมิประกอบ แต่มีความชัดเจนเพียง บางส่วน
	1 (ต้อง ปรับปรุง)	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย ๆ ไม่ได้ใช้ตารางแสดง ข้อมูล กราฟ หรือแผนภูมิเลย การนำเสนอข้อมูลไม่ชัดเจน
	0 (ไม่พยายาม)	ไม่นำเสนอ
การเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	4 (ดีมาก)	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ ในการเชื่อมโยง ความรู้กับสาระคณิตศาสตร์และ สาระอื่นในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยใน การแก้ปัญหา หรือนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างสอดคล้อง
	3 (ดี)	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ ในการเชื่อมโยง กับสาระคณิตศาสตร์และสาระอื่นใน ชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการ แก้ปัญหาหรือนำ ความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้บางส่วน
	2 (พอใช้)	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ ในการเชื่อมโยงกับ สาระคณิตศาสตร์ได้บางส่วน
	1 (ต้อง ปรับปรุง)	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ ในการเชื่อมโยงยังไม่ เหมาะสม
	0 (ไม่พยายาม)	ไม่มีการเชื่อมโยงกับสาระอื่นใด
การให้เหตุผล	4 (ดีมาก)	มีการอ้างอิงเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่าง สมเหตุสมผล
	3 (ดี)	มีการอ้างอิงที่ถูกต้องบางส่วนและเสนอแนวคิด ประกอบการตัดสินใจ
	2 (พอใช้)	เสนอแนวคิดไม่สมเหตุสมผลในการประกอบการ ตัดสินใจ
	1 (ต้อง ปรับปรุง)	มีความพยายามเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ

ทักษะและ กระบวนการ ทางคณิตศาสตร์	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	0 (ไม่พยายาม)	ไม่มีแนวคิดประกอบการตัดสินใจ
การคิดสร้างสรรค์	4 (ดีมาก)	มีแนวคิด/วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ ถูกต้อง สมบูรณ์
	3 (ดี)	มีแนวคิด/วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ ถูกต้อง แต่นำไปปฏิบัติแล้วไม่สมบูรณ์
	2 (พอใช้)	มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่แต่นำไปปฏิบัติได้ ถูกต้องสมบูรณ์
	1 (ต้อง ปรับปรุง)	มีแนวคิด/วิธีการไม่แปลกใหม่แต่นำไปปฏิบัติแล้ว ยังไม่สมบูรณ์
	0 (ไม่พยายาม)	ไม่มีผลงาน

นอกจากนี้ยังได้มีผู้สอนใจศึกษาเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ในด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น สุนารี ศรีบุญ (2561) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้มีการกำหนดแนวทางการให้คะแนนทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์แบบรูบริค (Rubric Score) ดังนี้

ทักษะและ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	ระดับคะแนน /แนวทางในการให้คะแนน			
	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
การแก้ปัญหา	- ศึกษาปัญหาและทำความเข้าใจ ปัญหาอย่างครบถ้วน ชัดเจน - มีการวางแผนการแก้ปัญหา อย่างเป็นระบบ - มีการดำเนินการตามแผนที่วางไว้ครบทุกขั้นตอน	ปฏิบัติครบ 3 ประเด็น	ปฏิบัติครบ 2 ประเด็น	ปฏิบัติน้อยกว่า 2 ประเด็น

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	ระดับคะแนน /แนวทางในการให้คะแนน			
	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
	- สามารถประเมินและ เสนอแนะ แนวทางการ แก้ไขปัญหาได้อย่าง เหมาะสม			
การสื่อสาร	- ใช้ภาษาพูดหรือเขียน เพื่อนำเสนอแนวคิดทาง วิชาคณิตศาสตร์ของตน ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ถูกต้อง ชัดเจน - สามารถสื่อความหมาย ได้ ถูกต้อง กระชับ และ ชัดเจน - มีการใช้สัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง - นำเสนอโดยใช้แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูล ประกอบตามลำดับ ขั้นตอนได้ถูกต้องและมี รายละเอียดสมบูรณ์	ปฏิบัติครบ 3 ประเด็น	ปฏิบัติครบ 2 ประเด็น	ปฏิบัติน้อยกว่า 2 ประเด็น
การเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	นำความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทาง คณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับ สาระคณิตศาสตร์หรือ สาระอื่น เพื่ออธิบาย ข้อสรุปของปัญหาได้ อย่างครบถ้วนชัดเจนทุก	นำความคิดรวบ ยอดหลักการและ วิธีการทาง คณิตศาสตร์ เชื่อมโยงกับสาระ คณิตศาสตร์หรือ สาระอื่นเพื่อ	นำความคิดรวบ ยอด หลักการและ วิธีการทาง คณิตศาสตร์ เชื่อมโยงกับสาระ คณิตศาสตร์หรือ สาระอื่น แต่	นำความคิดรวบ ยอด หลักการ และวิธีทาง คณิตศาสตร์ เชื่อมโยง กับ สาระ คณิตศาสตร์หรือ

ทักษะและ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	ระดับคะแนน /แนวทางในการให้คะแนน			
	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
	ขั้นตอนและสามารถ นำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้อง	อธิบายข้อสรุปของ ปัญหาได้ครบถ้วน แต่ข้อสรุปไม่ ถูกต้อง หรือ อธิบายข้อสรุปของ ปัญหาได้ไม่ ครบถ้วนแต่ ข้อสรุปถูกต้อง	อธิบายข้อสรุปของ ปัญหาไม่ครบถ้วน และข้อสรุปไม่ ถูกต้อง	สาระอื่นแต่ไม่ได้ หาข้อสรุป
การให้เหตุผล	มีการอ้างอิงแหล่งที่มา ของข้อมูลที่ น่าเชื่อถือ และเสนอแนวคิด ประกอบการตัดสินใจ โดยใช้ หลักการทางวิชา คณิตศาสตร์อย่าง ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ และสมเหตุสมผล	มีการอ้างอิง แหล่งที่มาของ ข้อมูลที่ น่าเชื่อถือ และเสนอแนวคิด ประกอบการ ตัดสินใจโดยใช้ หลักการทาง คณิตศาสตร์	มีการอ้างอิง แหล่งที่มาของ ข้อมูลและเสนอ แนวคิด ประกอบการ ตัดสินใจ โดยไม่ ใช้ หลักการทาง คณิตศาสตร์	มีความ พยายาม เสนอแนวคิด ประกอบการ ตัดสินใจ
การคิดสร้างสรรค์	มีแนวคิดหรือ วิธีการ ทาง คณิตศาสตร์ที่แปลก ใหม่และสามารถนำไป ปฏิบัติได้ถูกต้อง สมบูรณ์	มีแนวคิดหรือ วิธีการ ทาง คณิตศาสตร์ที่ แปลกใหม่และ สามารถนำไป ปฏิบัติได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์	มีแนวคิดหรือ วิธีการทาง คณิตศาสตร์ที่ ดัดแปลงมาจาก องค์ความรู้อื่นและ สามารถนำไป ปฏิบัติได้ถูกต้อง สมบูรณ์	มีแนวคิดหรือ วิธีการทาง คณิตศาสตร์ที่ ดัดแปลงมาจาก องค์ความรู้อื่น และไม่สามารถ นำไปปฏิบัติได้

สูตรัตน์ คงวิเชียร (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เรื่อง
พื้นที่ผิวและปริมาตร โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ สำหรับผู้เรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้เสนอแนวทางการวัดและประเมินผลด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
ดังนี้

ทักษะและ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	ระดับคุณภาพ			
	4 คะแนน (ดีมาก)	3 คะแนน (ดี)	2 คะแนน (พอใช้)	1 คะแนน (ควรปรับปรุง)
การแก้ปัญหา	ผู้เรียนทำใบงาน ทำหน่วยการ จัดการเรียนรู้โดย อาศัยความรู้ความ เข้าใจ และเลือกใช้ วิธีการที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา เรื่องพื้นที่ผิวและ ปริมาตรได้ 8 - 10 ข้อ	ผู้เรียนทำใบงาน ทำหน่วยการ จัดการเรียนรู้โดย อาศัยความรู้ความ เข้าใจ และเลือกใช้ วิธีการที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา เรื่องพื้นที่ผิว และ ปริมาตรได้ 5 - 7 ข้อ	ผู้เรียนทำใบงาน ทำหน่วยการ จัดการเรียนรู้โดย อาศัยความรู้ความ เข้าใจเรื่องพื้นที่ผิว และปริมาตรได้ 2 - 4 ข้อ	ผู้เรียนทำใบงาน ทำหน่วยการ จัดการเรียนรู้โดย อาศัยความรู้เรื่อง พื้นที่ผิวและ ปริมาตรได้น้อยกว่า 2 ข้อ
การให้เหตุผล	ระบุประเด็นปัญหา ที่นำไปสู่การ ออกแบบชิ้นงานลง ในใบกิจกรรมทำ หน่วยได้ตั้งแต่ 4 ข้อขึ้นไป โดยมีการ ให้เหตุผล อ้างอิง และนำไปสู่การ สร้างสรรค์ชิ้นงาน ได้อย่างชัดเจน	ระบุประเด็นปัญหา ที่นำไปสู่การ ออกแบบชิ้นงานลง ในใบกิจกรรมทำ หน่วยได้ 3 ข้อ โดยมีการให้เหตุผล อ้างอิง และนำไปสู่ การสร้างสรรค์ ชิ้นงานได้อย่าง ชัดเจน	ระบุประเด็นปัญหา ที่นำไปสู่การ ออกแบบชิ้นงานลง ในใบ กิจกรรมทำ หน่วย ได้ 2 ข้อ โดยมีการให้เหตุผล อ้างอิง และนำไปสู่ การสร้างสรรค์ ชิ้นงานได้	ระบุประเด็นปัญหา ที่นำไปสู่การ ออกแบบชิ้นงานลง ในใบ กิจกรรมทำ หน่วยได้ น้อยกว่า 2 ข้อ โดยเหตุผลที่ ใช้ในการอ้างอิงยัง ไม่ชัดเจน
การสื่อสาร	นำเสนอชิ้นงานที่ สามารถสื่อสาร สื่อ ความหมาย ถึง วิธีการแก้ปัญหา เรื่องพื้นที่ผิวและ ปริมาตรที่น่าสนใจ เข้าใจง่าย สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหา ที่ผู้สอนกำหนดให้ และ ตอบคำถามได้ อย่างถูกต้องชัดเจน	นำเสนอชิ้นงานที่ สามารถสื่อสาร สื่อ ความหมาย ถึง วิธีการแก้ปัญหา เรื่องพื้นที่ผิวและ ปริมาตรได้ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหา ที่ผู้สอนกำหนดให้ แต่ไม่น่าสนใจ	นำเสนอชิ้นงานที่ สื่อสาร สื่อความ หมายถึงวิธีการ แก้ปัญหาเรื่องพื้นที่ ผิวและปริมาตรได้ ไม่ถูกต้อง	นำเสนอชิ้นงานไม่ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหา ที่ผู้สอนกำหนดให้

ทักษะและ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	ระดับคุณภาพ			
	4 คะแนน (ดีมาก)	3 คะแนน (ดี)	2 คะแนน (พอใช้)	1 คะแนน (ควรปรับปรุง)
การเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ ผิวและปริมาตรมา ใช้ในการอธิบาย ให้ เหตุผล และ เชื่อมโยงกับ สถานการณ์ปัญหา ที่ผู้สอนกำหนดให้ ลงในใบกิจกรรมได้ มากกว่า 5 เหตุผล	ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ ผิวและปริมาตรมา ใช้ในการอธิบาย ให้ เหตุผล และ เชื่อมโยงกับ สถานการณ์ปัญหา ที่ผู้สอนกำหนดให้ ลงในใบ กิจกรรมได้ 4-5 เหตุผล	ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ ผิวและปริมาตร มาใช้ในการ อธิบาย ให้เหตุผล และเชื่อมโยงกับ สถานการณ์ปัญหา ที่ผู้สอนกำหนดให้ ลงในใบกิจกรรมได้ 2-3 เหตุผล	ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ ผิว และปริมาตรมา ใช้ในการอธิบาย ให้ เหตุผล และ เชื่อมโยงกับ สถานการณ์ปัญหา ที่ผู้สอนกำหนดให้ ลงในใบกิจกรรมได้ น้อยกว่า 2 เหตุผล
การคิดสร้างสรรค์	ชิ้นงานที่ผู้เรียน สร้างขึ้นมีความ สวยงาม แปลกใหม่ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหา ที่ผู้สอนกำหนดให้	ชิ้นงานที่ผู้เรียน สร้างขึ้นมีความ สวยงามสอดคล้อง กับสถานการณ์ ปัญหาที่ผู้สอน กำหนดให้	อาจมีการนำชิ้นงาน ของผู้อื่นมา ดัดแปลงให้มีความ แปลกใหม่	ชิ้นงานที่ผู้เรียน สร้างขึ้นไม่มีความ สวยงาม และไม่ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหา ที่ผู้สอนกำหนดให้ ผู้เรียนคัดลอก ผลงานของผู้อื่นมา

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ม.ป.ป.)² ได้เสนอแบบสังเกต
เพื่อวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ด้าน ดังนี้

ตัวอย่างแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการแก้ปัญหา

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

คำชี้แจง ให้บันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนแต่ละคนที่สะท้อนให้เห็นถึงทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

โดยเติมตัวเลข 0 – 3 เพื่อแสดงความถี่ของพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกและเกิดขึ้นจริง

โดย 0 หมายถึง ผู้เรียนไม่แสดง/แทบจะไม่แสดงพฤติกรรมนั้นเลย 1 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นในบางครั้ง
 2 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นบ่อยครั้ง 3 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมเหล่านั้นทุกครั้ง/เกือบทุกครั้ง

การประเมินผล ผลการประเมินมีระดับคุณภาพดังนี้

คะแนนรวม 11 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ ดีเยี่ยม คะแนนรวม 9 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ ดี

คะแนนรวม 7 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ กำลังพัฒนา คะแนนรวมน้อยกว่า 7 คะแนน อยู่ในระดับ ควรได้รับการพัฒนา

เลขที่	ชื่อ - สกุล	ความถี่ของพฤติกรรม				คะแนนรวม (12)	ผลการประเมิน
		ทำความเข้าใจโจทย์ (3)	วิเคราะห์โจทย์ (3)	วางแผนและแก้ปัญหา (3)	ตรวจสอบความถูกต้อง (3)		

ตัวอย่างแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการสื่อสาร

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

คำชี้แจง

ให้บันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนแต่ละคนที่สะท้อนให้เห็นถึงทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารต่อไปนี้

โดยเติมตัวเลข 0 – 3 เพื่อแสดงความถี่ของพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกและเกิดขึ้นจริง

โดย 0 หมายถึง ผู้เรียนไม่แสดง/แทบจะไม่แสดงพฤติกรรมนั้นเลย 1 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นในบางครั้ง
 2 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นบ่อยครั้ง 3 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมเหล่านั้นทุกครั้ง/เกือบทุกครั้ง

การประเมินผล

ผลการประเมินมีระดับคุณภาพดังนี้

คะแนนรวม 11 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ ดีเยี่ยม คะแนนรวม 9 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ ดี
 คะแนนรวม 7 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ กำลังพัฒนา คะแนนรวมน้อยกว่า 7 คะแนน อยู่ในระดับ ควรได้รับการพัฒนา

เลขที่	ชื่อ - สกุล	ความถี่ของพฤติกรรม				คะแนนรวม (12)	ผลการประเมิน
		ตอบคำถาม/ อธิบายแนวคิด (3)	ใช้คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ ในการสื่อสาร (3)	ใช้สัญลักษณ์และเครื่องหมาย ทางคณิตศาสตร์ ในการสื่อสาร (3)	ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ ในการสื่อสาร (3)		

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่างแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการเชื่อมโยง

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

คำชี้แจง

ให้บันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนแต่ละคนที่สะท้อนให้เห็นถึงทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการเชื่อมโยงต่อไปนี้

โดยเติมตัวเลข 0 – 3 เพื่อแสดงความถี่ของพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกและเกิดขึ้นจริง

โดย 0 หมายถึง ผู้เรียนไม่แสดง/แทบจะไม่แสดงพฤติกรรมนั้นเลย

1 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นในบางครั้ง

2 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นบ่อยครั้ง

3 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมเหล่านั้นทุกครั้ง/เกือบทุกครั้ง

การประเมินผล

ผลการประเมินมีระดับคุณภาพดังนี้

คะแนนรวม 8 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ ดีเยี่ยม คะแนนรวม 7 คะแนน อยู่ในระดับ ดี

คะแนนรวม 5 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ กำลังพัฒนา คะแนนรวมน้อยกว่า 5 คะแนน อยู่ในระดับ ควรได้รับการพัฒนา

เลขที่	ชื่อ - สกุล	ความถี่ของพฤติกรรม			คะแนนรวม (9)	ผลการประเมิน
		เชื่อมโยงความรู้ภายในวิชา คณิตศาสตร์ (3)	เชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ กับศาสตร์อื่น (3)	เชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์กับ สถานการณ์ในชีวิตจริง (3)		

ตัวอย่างแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการให้เหตุผล

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

คำชี้แจง ให้บันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนแต่ละคนที่สะท้อนให้เห็นถึงทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลต่อไปนี้

โดยเติมตัวเลข 0 – 3 เพื่อแสดงความถี่ของพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกและเกิดขึ้นจริง

โดย 0 หมายถึง ผู้เรียนไม่แสดง/แทบจะไม่แสดงพฤติกรรมนั้นเลย 1 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นในบางครั้ง
2 หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นบ่อยครั้ง 3 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมเหล่านั้นทุกครั้ง/เกือบทุกครั้ง

การประเมินผล ผลการประเมินมีระดับคุณภาพดังนี้

คะแนนรวม 11 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ ดีเยี่ยม คะแนนรวม 9 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ ดี

คะแนนรวม 7 คะแนนขึ้นไป อยู่ในระดับ กำลังพัฒนา คะแนนรวมน้อยกว่า 7 คะแนน อยู่ในระดับ ควรได้รับการพัฒนา

เลขที่	ชื่อ - สกุล	ความถี่ของพฤติกรรม				คะแนนรวม (12)	ผลการประเมิน
		ให้เหตุผลเพื่อสนับสนุน คำตอบของตนเอง (3)	ให้เหตุผลเพื่อสนับสนุน หรือโต้แย้งผู้อื่น (3)	สร้างข้อความคาดการณ์ และข้อสรุป (3)	ตัดสินใจ ได้อย่างสมเหตุสมผล (3)		

สำหรับการวัดและประเมินผลด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์นั้น ส่วนมากเป็นการประเมินจากผู้สอน บางครั้งผู้เรียนควรประเมินตนเอง (Self-assessment) ในด้านต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนคิดอย่างวิเคราะห์ว่าได้เรียนรู้อะไรไปบ้าง เพื่ออธิบายมาตรฐานของการปฏิบัติงานได้อย่างเหมาะสม และใช้มาตรฐานนั้นในการปฏิบัติงาน การประเมินตนเองยังเป็นการส่งเสริมผู้เรียนตรวจสอบตนเองและตัดสินใจว่าควรใช้เกณฑ์อะไรในการตัดสินงาน มากกว่าการตัดสินที่ขึ้นอยู่กับผู้สอนหรือผู้มีอำนาจแต่เพียงอย่างเดียว

ตัวอย่างแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (สำหรับผู้เรียนประเมินตนเอง)

ชื่อ – สกุล ชั้น เลขที่

คำชี้แจง ให้ผู้เรียนทำเครื่องหมาย ลงในช่องที่ตรงกับความถี่ของพฤติกรรมของผู้เรียนที่ได้ปฏิบัติ ตามข้อความที่ระบุไว้

ข้อความ	ความถี่ของการปฏิบัติ			
	ทุกครั้ง/ เกือบทุก ครั้ง	บ่อยครั้ง	บางครั้ง	ไม่เคย
1. ฉันทำความเข้าใจโจทย์ก่อนลงมือทำ				
2. ก่อนที่จะลงมือแก้ปัญหา ฉันวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการให้ทำ				
3. ฉันแก้ปัญหาในแบบฝึกหัด/ใบกิจกรรมได้ด้วยตนเอง				
4. ฉันตรวจสอบความถูกต้องในแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหา และคำตอบก่อนส่งผู้สอน				
5. ฉันตอบคำถามของผู้สอนหรืออธิบายวิธีคิดของตนเองเมื่อมีโอกาส				
6. ฉันใช้คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ช่วยในการอธิบายหรือเขียนแสดงแนวคิดในการสื่อสาร				
7. ฉันเขียนแสดงวิธีทำโดยใช้สัญลักษณ์และเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์				
8. ฉันใช้แผนผัง แผนภาพ รูปภาพ แผนภูมิ หรือกราฟ ประกอบการอธิบายแนวคิด หรือการนำเสนอข้อมูล				
9. ฉันรู้ว่าเรื่องที่กำลังเรียนต้องใช้เนื้อหาใดที่เคยเรียนมาแล้วมาเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้				

ข้อความ	ความถี่ของการปฏิบัติ			
	ทุกครั้ง/ เกือบทุก ครั้ง	บ่อยครั้ง	บางครั้ง	ไม่เคย
10. ฉันนำความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ไปช่วยในการแก้ปัญหา หรือช่วยในการทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาวิทยาการคำนวณ หรือวิชาอื่น ๆ				
11. ถ้ามีสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงมาให้ ฉันรู้ว่าต้องใช้ความรู้คณิตศาสตร์เรื่องใดมาช่วยในการแก้ปัญหานั้น				
12. ฉันสามารถตอบคำถามของครูหรือเพื่อน โดยให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบนั้น				
13. ฉันสามารถให้เหตุผลในการสนับสนุนหรือโต้แย้งแนวคิดของเพื่อน				
14. ฉันสามารถสร้างข้อคาดการณ์หรือข้อสรุปจากสิ่งที่สังเกตได้ จากการทำกิจกรรมหรือแบบฝึกหัด				
15. ฉันตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา และเลือกคำตอบที่สอดคล้องกับโจทย์ โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาสนับสนุน				
16. เมื่อมีปัญหาทางคณิตศาสตร์มาให้ ฉันมักหาวิธีในการแก้โจทย์ปัญหานั้นได้มากกว่า 1 วิธี				
17. ฉันมีวิธีการในการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากเพื่อน แต่ยังสามารถนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง				
18. ฉันสามารถนำความรู้ หรือวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้สอนสอนมาต่อยอด จนได้วิธีการหรือชิ้นงานแปลกใหม่				

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สำหรับการนำแนวทางการวัดและประเมินผลไปประยุกต์ใช้นั้น ผู้สอนต้องคำนึงถึงความเชื่อมโยงและความสอดคล้องกับตัวชี้วัดในแต่ละชั้นปี การเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงความรู้ความสามารถของผู้เรียนให้ได้มากที่สุดที่จะช่วยวิเคราะห์ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ชัดเจนที่สุด ทั้งนี้ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงาน หรือกิจกรรมที่สอดคล้องกับความสนใจ ความถนัด และความสามารถของผู้เรียนให้ได้มากที่สุด สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะมีคุณค่าและมีความหมายต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งจะสะท้อนความคิดในระดับสูงอีกด้วย

สรุปประจําบทที่ 3

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถหรือความชำนาญในการปฏิบัติงานหรือปฏิบัติกิจกรรมคณิตศาสตร์อย่างมีระบบ โดยสามารถปฏิบัติได้ดี มีคุณภาพ มีความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็ว กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ 5 ทักษะ ดังนี้ 1) การแก้ปัญหาเป็นความสามารถในการประยุกต์ความรู้ ขั้นตอน หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กลวิธีและยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการแก้ปัญหา 2) การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นวิธีการแลกเปลี่ยนความคิดและสร้างความเข้าใจระหว่างบุคคล ผ่านช่องทางการสื่อสารต่าง ๆ 3) การเชื่อมโยงเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้ ทักษะและกระบวนการที่มีในเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้น 4) การให้เหตุผล เป็นกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการรวบรวมข้อเท็จจริง ข้อความแนวคิด สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ แจกแจงความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดข้อเท็จจริงหรือสถานการณ์ใหม่ และ 5) การคิดสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการคิดที่อาศัยความรู้พื้นฐานจินตนาการและวิจารณญาณ ในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม สำหรับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์นิยมใช้แบบสังเกต ซึ่งผู้สอนต้องนิยาม หรือกำหนดพฤติกรรมให้ชัดเจนจึงจะสามารถสังเกตได้

คำถามท้ายบทที่ 3

ตอบคำถาม

1. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้หลักสูตรปัจจุบันมีอะไรบ้าง พร้อมทั้งอธิบายความหมายของแต่ละทักษะ
2. จงอธิบายความสำคัญของการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
3. จงเขียนสถานการณ์หรือกิจกรรม พร้อมทั้งออกแบบเครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

4. นักศึกษาคิดว่า ในอนาคตทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ใดเป็นทักษะที่จำเป็น พร้อมแนวทางการประเมินทักษะนั้น

อ้างอิง

จุไรรัตน์ ปิงผลพูล. (2555). การพัฒนาผลการเรียนรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร).

http://www.thapra.lib.su.ac.th/thesis/showthesis_th.asp?id=0000008886

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.)¹. คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

<https://www.scimath.org/ebooks/8380/8380.pdf>.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.)². คู่มือการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2.

https://academic.obec.go.th/web/images/document/1654507307_d_1.pdf

สุดารัตน์ คงวิเชียร. (2563). การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรโดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร).

<http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3310/1/61263313.pdf>

สุนารี ศรีบุญ. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อ พัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร).

<http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1516/1/58263311.pdf>

อังคณา สุวรรณพัฒน์. (2556). ผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม *The geometer's sketchpad (GSP)* โรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_DOI=10.14457/KU.the.2013.472

บทที่ 4

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นหลักสูตรอิงมาตรฐานที่ได้กำหนดสิ่งที่ผู้เรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ซึ่งจะประกอบไปด้วย ความรู้ ความสามารถ คุณธรรมจริยธรรม ค่านิยมที่พึงประสงค์ เมื่อผู้เรียนได้รับการพัฒนาไปแล้ว นอกจากจะมีความรู้ความสามารถ ตลอดจนคุณธรรม จริยธรรมที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดแล้ว จะนำไปสู่การมีสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 8 ประการอีกด้วย คุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่หลักสูตรกำหนดนั้นต้องได้รับการปลูกฝังและพัฒนาผ่านการจัดการเรียนรู้ การปฏิบัติกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนในลักษณะต่าง ๆ จนตกผลึกเป็นคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในตัวผู้เรียน การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์จึงต้องใช้ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรม ซึ่งใช้เวลาในการเก็บข้อมูลพฤติกรรมเพื่อนำมาประเมินและตัดสิน

James (2013) อธิบายการรับรู้คุณลักษณะอันพึงประสงค์จากต่ำสุดไปสูงสุด ดังนี้

1. ขั้นรับรู้ (Receiving or attending) เป็นการประเมินพฤติกรรมที่แสดงออกว่ารู้จัก เต็มใจสนใจ
2. ขั้นตอบสนอง (Responding) เป็นการประเมินพฤติกรรมที่แสดงว่าเชื่อฟัง ทำตาม อาสาทำ พอใจที่จะทำ
3. ขั้นเห็นคุณค่าหรือค่านิยม (Valuing) เป็นการประเมินพฤติกรรมที่แสดงความเชื่อ ซึ่งแสดงออกโดยการกระทำหรือปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ ยกย่องชมเชย สนับสนุน ช่วยเหลือ หรือทำกิจกรรมที่ตรงกับความเชื่อของตน ทำด้วยความเชื่อมั่น ศรัทธา และปฏิเสธที่จะกระทำในสิ่งที่ขัดแย้งกับความเชื่อของตน
4. ขั้นจัดระบบคุณค่า (Organization) เป็นการประเมินพฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรม อภิปราย เปรียบเทียบ จนเกิดอุดมการณ์ในความคิดของตนเอง
5. ขั้นสร้างคุณลักษณะ (Characterization by a value complex) เป็นการประเมินพฤติกรรมที่มีแนวโน้มว่าจะประพฤติปฏิบัติเช่นนั้น อยู่เสมอในสถานการณ์เดียวกัน หรือเกิดเป็นอุปนิสัย

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ควรทำควบคู่ไปกับการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนอย่างต่อเนื่อง ทั้งอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการ รวมทั้งควรทำนอกห้องเรียนด้วย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนและเพียงพอสำหรับการประเมินว่าผู้เรียนมีคุณลักษณะที่ส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับใด และควรได้รับการแก้ไขหรือพัฒนาคุณลักษณะใดเพิ่มเติมสำหรับการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ควรใช้การสังเกตพฤติกรรม

การปฏิบัติเป็นหลัก และสังเกตอย่างต่อเนื่องโดยมีการบันทึกผลการสังเกต ทั้งนี้อาจใช้เครื่องมือการวัดและประเมินผล เช่น แบบมาตรฐานค่า แบบตรวจสอบรายการ แบบบันทึกพฤติกรรม แบบรายงานพฤติกรรมตนเอง เป็นต้น และอาจใช้แบบวัดความรู้และความรู้สึกเพื่อรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม เช่น แบบวัดความรู้ โดยสร้างสถานการณ์เชิงจริยธรรม แบบวัดเจตคติ แบบวัดเหตุผลเชิงจริยธรรม แบบวัดพฤติกรรมเชิงจริยธรรม เป็นต้น ผู้สอนจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลที่ประเมินได้ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัด

การออกแบบการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนนั้น ผู้สอนสามารถออกแบบการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในชั้นเรียนสามารถสรุปได้ดังนี้ (อนุวัติ คุณแก้ว , 2566: สมชาย วรภิเกษมสกุล, 2567)

1. กำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เมื่อกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์แล้วควรศึกษาหรือนิยาม/ตัวชี้วัด/พฤติกรรมบ่งชี้
2. วิเคราะห์พฤติกรรมสำคัญจากพฤติกรรมบ่งชี้ พิจารณาว่าพฤติกรรมบ่งชี้ที่กำหนดครอบคลุมตัวชี้วัดและนิยามหรือไม่ เมื่อทำความเข้าใจกับนิยาม ตัวชี้วัด และพฤติกรรมบ่งชี้แล้วผู้สอนควรวิเคราะห์พฤติกรรมสำคัญจากพฤติกรรมบ่งชี้ เพื่อให้เห็นพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินผลได้อย่างชัดเจน
3. เลือกวิธีการ เครื่องมือให้เหมาะสมกับคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่จะประเมิน ซึ่งเครื่องมือที่นิยมใช้กัน เช่น แบบสังเกต (observation) แบบสัมภาษณ์ (interview) แบบตรวจสอบรายการ (check list) แบบมาตรฐานประมาณค่า (rating scale) แบบวัดสถานการณ์ (situation) แบบบันทึกพฤติกรรม (anecdotal records) และแบบรายงานพฤติกรรมตนเอง (self report)
4. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน (scoring rubrics) เป็นการกำหนดแนวทางการให้คะแนนของเครื่องมือที่ผู้สอนออกแบบ

นิยามและเครื่องวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้อธิบายว่าการวัดและประเมินผลด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์มี 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเจตคติ และด้านพฤติกรรม มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านเจตคติ

การจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ นอกจากจะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ และทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์แล้ว สิ่งสำคัญที่ต้องพัฒนาควบคู่ไปด้วยคือการมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ เนื่องจากเจตคติเป็นตัวแปรมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ เช่น เจตคติต่อคณิตศาสตร์จะส่งผลการการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เจตคติต่อคณิตศาสตร์จึงเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียน และมีผลต่อความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ และนำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตจริง การวัดและประเมินผลด้านเจตคติต่อคณิตศาสตร์ของผู้เรียนจะช่วยให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้สึกของผู้เรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เจตคติต่อคณิตศาสตร์เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อคณิตศาสตร์ที่ส่งผลให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่จะตอบสนองต่อคณิตศาสตร์ในลักษณะของความชอบหรือไม่ชอบ พอใจหรือไม่พอใจ เห็นคุณค่าหรือไม่เห็นคุณค่า รวมทั้งความพร้อมหรือไม่พร้อมที่จะเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยทั่วไปเจตคติต่อคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

- 1) ความตระหนักในคุณค่าหรือประโยชน์ของคณิตศาสตร์ เป็นการมองเห็นความสำคัญคุณค่า หรือประโยชน์ของคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงในการศึกษาต่อรวมทั้งในการพัฒนาความเจริญต่าง ๆ เช่น การเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ทำให้คนมีเหตุผล หรือคณิตศาสตร์ช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง
- 2) ความรู้สึกต่อคณิตศาสตร์ เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่แสดงออกว่าชอบหรือไม่ชอบ พอใจหรือไม่พอใจ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ เช่น ผู้เรียนชอบแก้โจทย์ปัญหาที่ทำหาย หรือมีความสุขเมื่อได้เรียนวิชาคณิตศาสตร์
- 3) ความพร้อมที่จะกระทำหรือเรียนคณิตศาสตร์ เป็นความพร้อมของผู้เรียนที่จะเรียนหรือทำงานที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ หรือหลีกเลี่ยงที่จะทำสิ่งเหล่านั้นเมื่อโอกาส เช่น ผู้เรียนจะพยายามเข้าร่วมแข่งขันตอบปัญหาคณิตศาสตร์เมื่อมีโอกาส หรือผู้เรียนพร้อมที่จะเข้าร่วมกิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์ของโรงเรียน

เจตคติต่อคณิตศาสตร์ของผู้เรียนอาจเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ โดยเจตคติทางบวก เช่นตระหนักในประโยชน์ของคณิตศาสตร์ ความรู้สึกชอบทำงานที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ ความพอใจที่

ได้รับมอบหมายงานคณิตศาสตร์ หรืออาจเป็นเจตคติทางลบ เช่น การเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องนามธรรมและไม่สามารถนำไปใช้ได้จริง ความรู้สึกไม่ชอบทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์ การหลีกเลี่ยงที่จะค้นคว้างานคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม เจตคติต่อคณิตศาสตร์อาจเปลี่ยนแปลงได้เมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างไปจากประสบการณ์เดิม

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้านเจตคติทางคณิตศาสตร์ต้องทำให้ครอบคลุมองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน และควรสร้างข้อความหรือรายการประเมินใหม่มีข้อความทางบวกและข้อความทางลบ แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ที่นิยมใช้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแบบมาตรระดับหรือมาตราส่วนประมาณค่า ให้ผู้เรียนเลือกตามระดับที่ตรงกับความคิดเห็นหรือความรู้สึกมากที่สุด

ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนประเมินตนเอง

แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์

ชื่อผู้เรียน.....ชั้น..... ห้อง.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนเกี่ยวกับ
ข้อความนั้น

ข้อความ	องค์ประกอบ ของเจตคติ *	ระดับความคิดเห็น			
		จริง	ค่อนข้าง จริง	ค่อนข้าง ไม่จริง	ไม่จริง
1. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีประโยชน์และน่าเรียน	1				
2. ฉันชอบแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์	2				
3. ฉันหลีกเลี่ยงที่จะตอบคำถามเกี่ยวกับคณิตศาสตร์	3				
4. ฉันไม่มีความสุขกับการเรียนคณิตศาสตร์	2				
5. ฉันยินดีที่จะอธิบายเนื้อหาคณิตศาสตร์ให้ เพื่อน ๆ ฟัง	3				
6. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ส่งเสริมการให้เหตุผล	1				
7. ฉันสนุกกับการทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์	2				
8. ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ไม่สามารถนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวันได้	1				
9. ฉันรู้สึกกังวลกับการสอบวิชาคณิตศาสตร์	2				
10. ฉันชอบวิชาอื่นมากกว่าวิชาคณิตศาสตร์	2				
11. ฉันชอบเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับ คณิตศาสตร์	3				
12. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ยากมากและมีความซับซ้อน	1				
13. ฉันกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้ คณิตศาสตร์เพิ่มเติมอยู่เสมอ	3				
14. การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ จะช่วยฝึกการคิดอย่าง เป็นระบบได้	1				

(ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555 : 191)

หมายเหตุ : * วัดเจตคติ 3 องค์ประกอบ คือ 1 ความตระหนักในคุณค่าหรือประโยชน์ของคณิตศาสตร์

2 ความรู้สึกต่อคณิตศาสตร์ และ 3 ความพร้อมที่จะกระทำหรือเรียนคณิตศาสตร์

การแสดงองค์ประกอบของเจตคติในแบบวัดข้างต้น เพื่อระบุว่าข้อความนั้นวัดองค์ประกอบ
ใดของเจตคติ ซึ่งในการนำไปใช้จริง ไม่จำเป็นต้องแสดงส่วนนี้ในแบบวัดเจตคติ

นอกจากการสร้างแบบวัดเจตคติเพื่อให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองแล้วผู้สอนหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง
อาจประเมินเจตคติจากพฤติกรรมของผู้เรียน ซึ่งพฤติกรรมหนึ่ง ๆ อาจเป็นผลมาจากการมีเจตคติใน

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลายองค์ประกอบรวมกัน เช่น ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้ทางคณิตศาสตร์ อาจเกิดขึ้นจากผู้เรียนตระหนักในประโยชน์ของคณิตศาสตร์ หรือมีความรู้สึกชอบคณิตศาสตร์ ซึ่งตัวอย่างแบบวัดเจตคติจากพฤติกรรมของผู้เรียน เป็นดังนี้

ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์สำหรับผู้สอนหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง

แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์				
ชื่อผู้เรียน..... ชั้น..... ห้อง.....				
คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นหรือความรู้สึกของท่านที่มีต่อนักเรียนเกี่ยวกับข้อความนั้น				
ข้อความ	ระดับความคิดเห็น			
	จริง	ค่อนข้างจริง	ค่อนข้างไม่จริง	ไม่จริง
1. มีความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้ทางคณิตศาสตร์				
2. แสดงความคิดเห็นและซักถามปัญหาที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์				
3. มีส่วนร่วมในการเข้าอบรมหรือทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์				
4. พยายามตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลหรือหรือความสมเหตุสมผลกับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้				
5. เมื่อให้ทำแบบฝึกหัดที่มีความซับซ้อน ผู้เรียนมีการปฏิเสธที่จะทำแบบฝึกหัดนั้น				
6. ไม่ท้อถอยในการทำกิจกรรมคณิตศาสตร์เมื่อพบอุปสรรค				
7. ในการทำงานกลุ่ม มักจะหลีกเลี่ยงหน้าที่ที่ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์				
8. สนใจเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นเพิ่มเติมนอกเหนือจากเนื้อหาที่เรียนในห้องเรียน				
9. ผู้เรียนมีความกังวลเมื่อต้องออกมาทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน				

(ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555 : 192)

ผลที่ได้จากการตอบแบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นเชิงคุณภาพ จึงต้องแปลงให้เป็นคะแนนเพื่อให้สะดวกต่อการรวมคะแนนและแปลผล โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ในลักษณะต่อไปนี้

ระดับความคิดหรือความรู้สึก	คะแนน
จริง	4
ค่อนข้างจริง	3
ค่อนข้างไม่จริง	2
ไม่จริง	1

เกณฑ์ดังกล่าวใช้สำหรับข้อความทางบวก ส่วนข้อความทางลบต้องมีการกลับมาตร โดยเรียงลำดับจากจริงถึงไม่จริงเป็นคะแนน 1 ถึง 4 ตามลำดับ เพื่อให้คะแนนรวมทั้งฉบับเป็นคะแนนที่แสดงเจตคติทางบวกหรือเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ และจะต้องแปลงคะแนนรวมหรือค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้กลับไปเป็นระดับเจตคติเชิงคุณภาพ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์
3.50 – 4.00	มากที่สุด
2.50 – 3.49	ค่อนข้างมาก
1.50 – 2.49	ค่อนข้างน้อย
1.00 – 1.49	น้อยที่สุด

การนำผลการประเมินที่ได้ไปใช้ในการลงข้อสรุปในด้านเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ของผู้เรียน จะใช้เป็นส่วนประกอบในการประเมินด้านอื่น ๆ โดยจะต้องนำผลการประเมินของผู้เรียนและผู้สอน มาเปรียบเทียบกัน เพื่อดูความสอดคล้องกันระหว่างผลการประเมินของผู้เรียนกับผู้สอน และให้เกิดการยอมรับทั้งสองฝ่าย ในกรณีที่ผลการประเมินของผู้เรียนและผู้สอนไม่สอดคล้องกัน ผู้เรียนและผู้สอนควรจะร่วมกันวิเคราะห์ผลการประเมินที่ไม่สอดคล้องกัน เพื่อให้ผลการประเมินเป็นที่ยอมรับ และตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ผู้สอนทราบว่า ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ในระดับใด ซึ่งจะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ในระดับค่อนข้างน้อยถึงน้อยที่สุด ผู้สอนจำเป็นต้องปรับปรุงการจัดการเรียนรู้อย่างเร่งด่วนเพื่อให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีในระดับที่มากขึ้น

2. ด้านพฤติกรรม

พฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกระหว่างการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การทำกิจกรรม และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นสิ่งที่สื่อถึงความคิด ความสามารถ และคุณลักษณะของผู้เรียน เช่น พฤติกรรมที่แสดงความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สื่อถึงความสนใจใฝ่รู้ของผู้เรียน พฤติกรรมที่ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มสื่อถึงความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งพฤติกรรมของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้มีหลากหลาย และมีพฤติกรรมที่แตกต่างตามบริบทของการเรียนรู้ และกิจกรรมที่ผู้สอนได้ผู้เรียนทำ เช่น พฤติกรรมระหว่างการทำโครงการอาจแตกต่างจากพฤติกรรมที่

เกิดระหว่างการจัดการเรียนรู้ ในการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน ผู้สอนควรวางแผนล่วงหน้าว่าจะประเมินพฤติกรรมด้านใดของผู้เรียน แล้วจึงวิเคราะห์พฤติกรรมย่อย ๆ ที่บ่งชี้ถึงพฤติกรรมด้านนั้น จากนั้นจึงออกแบบกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นได้ เช่น

ตัวอย่างแบบประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน

แบบประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน

ชื่อผู้เรียน.....ชั้น..... ห้อง.....

สถานะของผู้ประเมิน ผู้สอน ผู้เรียน

คำชี้แจง แบบประเมินพฤติกรรมฉบับนี้ ออกแบบเพื่อให้ผู้สอนประเมินผู้เรียนและ/หรือผู้เรียนประเมินตนเอง โดยพฤติกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนแสดงออก ในระหว่างการเรียนรู้หรือการทำกิจกรรม จำแนกได้เป็น 4 ระดับ ดังต่อไปนี้

- มาก หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่ประเมินอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา
ปานกลาง หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่ประเมินบ่อยครั้ง
น้อย หมายถึง ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่ประเมินบางครั้ง
ไม่มีการแสดงออก หมายถึง ผู้เรียนไม่แสดงพฤติกรรมที่ประเมิน

ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับของพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออก

พฤติกรรมตามคุณลักษณะ	ระดับของพฤติกรรมที่แสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
1. ความสนใจใฝ่รู้เพื่อเพิ่มพูนความรู้ทางคณิตศาสตร์				
1.1 มีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้ที่แปลกใหม่				
1.2 อภิปรายและซักถามเพื่อขยายแนวคิดเดิม				
1.3 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีบทต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ ทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับบทเรียน				
1.4 มีส่วนร่วมในกิจกรรมหรือการประชุมที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์				
1.5 สนใจอ่านบทความหรือวรรณกรรม ตลอดจนสื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์				
1.6 ขวนขวายหาโจทย์ที่แปลกใหม่เพื่อฝึกฝนแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย				
2. ความรับผิดชอบและความเพียรพยายาม				
2.1 ทำงานอย่างเต็มความสามารถ				
2.2 ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้เสร็จสมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา				

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

พฤติกรรมตามคุณลักษณะ	ระดับของพฤติกรรมที่แสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
2.3 ไม่ท้อถอยในการแก้ปัญหาเมื่อพบอุปสรรค				
2.4 มีความอดทนในการแก้ปัญหาที่ยากซับซ้อน				
2.5 มีความอดทนในการทำงานที่ต้องใช้กระบวนการที่ซับซ้อนหรือระยะเวลาที่ยาวนาน				
2.6 ละเว้นการกระทำอื่นที่เป็นผลเสียหายต่อส่วนรวม				
3. ความละเอียดรอบคอบในการทำงาน				
3.1 มีการใคร่ครวญไตร่ตรองในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย				
3.2 มีการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อมูลต่าง ๆ				
3.3 มีความละเอียดถี่ถ้วนในการดำเนินการแก้ปัญหา				
4. ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น				
4.1 ประพฤติและปฏิบัติตามข้อตกลงของกลุ่ม				
4.2 ปฏิบัติตามบทบาทและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย				
4.3 ให้ความร่วมมือในการทำงานร่วมกับผู้อื่น				
4.4 ให้การยกย่องบุคคลอื่นตามความเหมาะสม				
4.5 รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น				

(ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555 : 197 - 198)

ผลที่ได้จากการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนมีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ จึงต้องแปลงให้เป็นคะแนนเพื่อสะดวกต่อการรวมคะแนนและแปลผล โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ในลักษณะต่อไปนี้

ระดับพฤติกรรมที่แสดงออก	คะแนน
มาก	3
ปานกลาง	2
น้อย	1
ไม่มีการแสดงออก	0

เมื่อให้คะแนนแต่ละข้อแล้วอาจแปลผลเป็นพฤติกรรมที่แสดงออกตามคุณลักษณะในแต่ละด้าน โดยรวมคะแนนที่ได้และหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนในแต่ละด้าน และ/หรือแปลผลในภาพรวมทั้งฉบับ โดยคะแนนที่ได้และหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนทั้งฉบับ ซึ่งค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้ จะแปลงกลับไปเป็นเชิงคุณภาพได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับพฤติกรรมตามคุณลักษณะ
2.26 – 3.00	มากที่สุด
1.51 – 2.25	ค่อนข้างมาก
0.76 – 1.50	ค่อนข้างน้อย
0 – 0.75	น้อยที่สุด

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ม.ป.ป.) ได้อธิบายคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังต่อไปนี้

1. ทำความเข้าใจหรือสร้างกรณีทั่วไปโดยใช้ความรู้ที่ได้จากการศึกษาคณิตศาสตร์ตัวอย่างหลาย ๆ กรณี
2. มองเห็นว่าสามารถใช้คณิตศาสตร์แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้
3. มีความมุ่งมั่นในการทำความเข้าใจปัญหาและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
4. สร้างเหตุผลเพื่อสนับสนุนแนวคิดของตนเองหรือโต้แย้งแนวคิดของผู้อื่นอย่างสมเหตุสมผล
5. ค้นหาลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ และประยุกต์ใช้ลักษณะดังกล่าวเพื่อทำความเข้าใจหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

และได้มีการออกแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ดังนี้

แบบวัดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง

ให้บันทึกพฤติกรรมของนักเรียนแต่ละคนที่สะท้อนให้เห็นถึงคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้

โดยเติมตัวเลข 0 – 3 เพื่อแสดงความถี่ของพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกและเกิดขึ้นจริง

โดย 0 หมายถึง นักเรียนไม่แสดง/แทบจะไม่แสดงพฤติกรรมนั้นเลย 1 หมายถึง นักเรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นในบางครั้ง

2 หมายถึง นักเรียนแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นบ่อยครั้ง 3 หมายถึง นักเรียนมีพฤติกรรมเหล่านั้นทุกครั้ง/เกือบทุกครั้ง

การประเมินผล

ผลการประเมินมีระดับคุณภาพของคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์แต่ละด้าน ดังนี้

3 คะแนน อยู่ในระดับ ดีเยี่ยม

2 คะแนน อยู่ในระดับ ดี

1 คะแนน อยู่ในระดับ กำลังพัฒนา

0 คะแนน อยู่ในระดับ ควรได้รับการพัฒนา

เลขที่	ชื่อ - สกุล	คุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์							
		ใฝ่เรียนรู้และกระตือรือร้น		มุ่งมั่น และไม่ย่อท้อ		คิดเชิงระบบ		เห็นคุณค่าคณิตศาสตร์	
		คะแนน	ผลการประเมิน	คะแนน	ผลการประเมิน	คะแนน	ผลการประเมิน	คะแนน	ผลการประเมิน

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

บุญจิรา พรหมจรรย์ (2550) ได้ศึกษาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และได้ให้ความหมายของคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ว่าเป็นลักษณะหรือพฤติกรรมของผู้เรียนที่ควรปฏิบัติหรือแสดงออกในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยคุณลักษณะ 7 ด้าน ดังนี้

- 1) การทำงานอย่างเป็นระบบ การทำงานอย่างเป็นระบบในการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้ครบทุกขั้นตอน มีการวางแผน เรียงลำดับความสำคัญ และจัดระบบระเบียบวิธีการทำงานได้อย่างเหมาะสม
- 2) ระเบียบวินัย ระเบียบวินัยในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง การที่ผู้เรียนปฏิบัติตามอยู่ในข้อตกลงที่วางไว้ในด้านการทำงาน ผลสำเร็จของงาน การเข้าเรียน การควบคุมตนเองและการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ในการเรียนคณิตศาสตร์
- 3) ความรอบคอบ ความรอบคอบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถนำความรู้และหลักการของวิชาคณิตศาสตร์มาพิจารณาให้เชื่อมโยง สัมพันธ์กันกับการทำงานด้วยความละเอียดถี่ถ้วน มีการวางแผนในการแก้ปัญหา และตรวจสอบแก้ไข หรือตรวจทานผลงานที่ทำ
- 4) ความรับผิดชอบ ความรับผิดชอบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่แสดงถึงความตั้งใจในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ยอมรับผลของการกระทำและพยายามปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องด้วยตนเอง
- 5) วิจัยญาณ วิจัยญาณในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง การที่ผู้เรียนคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างสุขุมรอบคอบ มีเหตุผล โดยการวิเคราะห์ สรุปความชัดเจน ความสัมพันธ์และความสมบูรณ์ของข้อมูลโดยอาศัยความรู้ ความคิด และประสบการณ์ เพื่อลงสรุปที่เป็นข้อยุติอย่างสมเหตุสมผลในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
- 6) ความเชื่อมั่นในตนเอง ความเชื่อมั่นในตนเองในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความมั่นใจของผู้เรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ตามที่ผู้เรียนตั้งใจ ไม่มีการลังเล หรือหวั่นวิตกในความสามารถของตนเอง แม้จะมีอุปสรรคก็ไม่ยอมโมเลเลหรือเปลี่ยนใจแต่อย่างใดทั้งสิ้น
- 7) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกที่ผู้เรียนมีต่อวิชาคณิตศาสตร์ในด้านวิธีสอน กิจกรรมการเรียนการสอน เทคนิคการสอน เนื้อหาและ ผู้สอนภายหลังจากที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

และผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือวัดดังนี้

แบบสอบถามวัดคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

คำชี้แจง

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความแต่ละข้อความตรงกับลักษณะที่นักเรียนมักจะปฏิบัติในระดับมาก ค่อนข้างมาก ปานกลาง ค่อนข้างน้อย น้อยแล้วทำเครื่องหมาย (3) ให้ตรงกับความเป็นจริง

ข้อ	ข้อความ	ระดับการปฏิบัติ				
		มาก	ค่อนข้างมาก	ปานกลาง	ค่อนข้างน้อย	น้อย
	ด้านการทำงานอย่างเป็นระบบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
1	ข้าพเจ้าทำแบบฝึกหัดแล้วตรวจสอบคำตอบทุกข้อ					
2	ข้าพเจ้าทำงานตามแผนที่ได้วางไว้					
3	ข้าพเจ้าทบทวนเนื้อหาที่ได้เรียนในแต่ละวัน					
4	เมื่อพบข้อผิดพลาดจากการเรียนคณิตศาสตร์ข้าพเจ้าจะรีบแก้ไข					
5	ข้าพเจ้าอ่านหนังสือทบทวนก่อนสอบวิชาคณิตศาสตร์					
6	ข้าพเจ้าศึกษาและทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ล่วงหน้า					
7	ข้าพเจ้ากำหนดขั้นตอนก่อนลงมือทำโจทย์ปัญหา					
8	ข้าพเจ้าเรียนคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้นเพราะรู้วิธีคิดอย่างมีขั้นตอน					
9	ในการทำข้อสอบคณิตศาสตร์ข้าพเจ้าเริ่มทำข้อสอบจากข้อ1ถึงข้อสุดท้าย					
10	ข้าพเจ้าจะทำการบ้านทันทีที่กลับถึงบ้าน					
	ด้านระเบียบวินัยในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
11	ข้าพเจ้าวิพากษ์วิจารณ์ต่อข้อตกลงในการเรียน					
12	ข้าพเจ้ารู้สึกเสียเวลากับการทำแบบฝึกหัดอย่างเป็นระเบียบ					
13	ข้าพเจ้ามักทำงานวิชาอื่นโดยไม่คำนึงว่าเป็นวิชาคณิตศาสตร์					
14	ข้าพเจ้าทำตามกฎระเบียบและข้อตกลงในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
15	ข้าพเจ้าไม่มีอุปกรณ์การเรียนคณิตศาสตร์					
16	ข้าพเจ้าเรียนคณิตศาสตร์ตามอารมณ์มากกว่าข้อตกลง					
17	ข้าพเจ้านำของเล่นมาเล่นหรือใช้โทรศัพท์ในเวลาเรียน					
18	ข้าพเจ้าเตรียมอุปกรณ์การเรียนสำหรับวิชาคณิตศาสตร์					
19	ข้าพเจ้าจะไม่ยอมให้ครูลงโทษถึงแม้จะรู้ว่าตนเองผิด					
20	ข้าพเจ้าส่งการบ้านคณิตศาสตร์เมื่อได้ลอกการบ้านเพื่อนเสร็จ					

ข้อ	ข้อความ	ระดับการปฏิบัติ				
		มาก	ค่อนข้างมาก	ปานกลาง	ค่อนข้างน้อย	น้อย
	ด้านความรอบคอบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
21	ข้าพเจ้าใช้อุปกรณ์การเรียนอย่างระมัดระวัง					
22	ข้าพเจ้าตรวจทานงานทุกครั้งก่อนไปส่งครู					
23	ข้าพเจ้าเตรียมอุปกรณ์เครื่องเขียนให้ครบก่อนไปโรงเรียน					
24	เมื่อครูให้ทำงานที่สำคัญ ๆ ข้าพเจ้าจะตรวจสอบหลาย ๆ ครั้ง จนแน่ใจว่าถูกต้องก่อนนำไปส่งครู					
25	เมื่อท่องสูตรคูณผิด ข้าพเจ้าจะท่องใหม่จนกว่าจะถูก					
26	ข้าพเจ้าทำงานเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีระเบียบ					
27	ข้าพเจ้ารีบทำการบ้าน เพื่อที่จะไปเล่นเกม					
28	การทำงานตามลำดับขั้นตอนทำให้ไม่เสียเวลา					
29	ข้าพเจ้าเตรียมตัวสอบวิชาคณิตศาสตร์ด้วยความมั่นใจ					
30	ข้าพเจ้าจะคิดคำตอบในเศษกระดาษก่อนลงมือทำลงสมุด					
	ด้านความรับผิดชอบในการเรียนคณิตศาสตร์					
31	ข้าพเจ้าตั้งใจเรียนคณิตศาสตร์					
32	ข้าพเจ้าทำแบบฝึกหัดตามจำนวนที่กำหนด					
33	ข้าพเจ้าหาเวลาในการฝึกทักษะทำแบบฝึกหัดในเรื่องที่ตนเองยังไม่เข้าใจ					
34	ข้าพเจ้าเข้าเรียนตรงเวลา					
35	บ่อยครั้งที่ข้าพเจ้าลืมสมุดหรือหนังสือคณิตศาสตร์ไว้ที่บ้าน					
36	ข้าพเจ้าไม่เคยส่งงานตามกำหนดเวลา					
37	ข้าพเจ้าไม่ตั้งใจทำการบ้าน					
38	ข้าพเจ้าทำงานวิชาคณิตศาสตร์ที่ครูมอบหมายโดยไม่ลังเลเลย					
39	ข้าพเจ้าหลีกเลี่ยงการเรียนโดยการออกนอกห้องไปทำธุระ					
40	ข้าพเจ้าตั้งใจเมื่อได้ทำงานกลุ่ม เพราะจะได้ให้เพื่อนทำให้					

ข้อ	ข้อความ	ระดับการปฏิบัติ				
		มาก	ค่อนข้างมาก	ปานกลาง	ค่อนข้างน้อย	น้อย
	ด้านวิจารณ์ญาณในการเรียนคณิตศาสตร์					
41	ข้าพเจ้าตอบคำถามตามความคิดเห็นของตนเองแม้จะไม่เหมือนเพื่อนส่วนใหญ่ก็ตาม					
42	ข้าพเจ้านำสิ่งที่ได้พบเห็นจากสถานที่ต่าง ๆ มาตั้งโจทย์ปัญหา					
43	นักเรียนควรใช้ตำราเรียนคณิตศาสตร์หลาย ๆ เล่ม					
44	ข้าพเจ้าสามารถสรุปประเด็นสำคัญของบทเรียนคณิตศาสตร์					
45	วิชาคณิตศาสตร์ทำให้ข้าพเจ้าคาดคะเนสิ่งต่าง ๆ ได้ดีขึ้น					
46	ข้าพเจ้าตัดสินใจแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากคิดวิเคราะห์อย่างรอบคอบแล้ว					
47	ข้าพเจ้าจะสรุปสูตรหลักเกณฑ์ที่จำเป็นสำหรับคณิตศาสตร์เสมอ					
48	ข้าพเจ้ารู้ว่าเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์มีความต่อเนื่องกัน ต้องทำความเข้าใจทุกเรื่อง					
49	ข้าพเจ้ารู้ว่าต้องพัฒนาตนเอง เมื่อได้พูดคุยกับเพื่อนที่เรียนคณิตศาสตร์ด้วยกัน					
50	ข้าพเจ้าพยายามหาสาเหตุ วิธีการ ปรับปรุงแก้ไขด้วยตนเอง					
	ด้านความเชื่อมั่นในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
51	ในช่วงโม่งเรียนคณิตศาสตร์ เมื่อมีปัญหาข้าพเจ้าจะซักถามครู					
52	ข้าพเจ้ารับอาสาทำแบบฝึกหัดในห้องเรียน					
53	ข้าพเจ้ามีกำลังใจและความเชื่อมั่นในการทำงานกับเพื่อน ๆ					
54	ข้าพเจ้าลังเลไม่กล้าทำโจทย์คณิตศาสตร์ เพราะไม่แน่ใจว่าจะทำถูก					
55	ข้าพเจ้าทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์ด้วยตัวเอง					
56	ข้าพเจ้ามีความมั่นใจที่จะเรียน เมื่อต้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
57	ข้าพเจ้าเชื่อว่าความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ขึ้นอยู่กับความมั่นใจของตนเอง					
58	ข้าพเจ้าได้แย้งปัญหาคณิตศาสตร์กับเพื่อน ๆ อย่างมีเหตุผล					
59	ข้าพเจ้าจะแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ยากและท้าทาย					
60	ผลงานคณิตศาสตร์ของข้าพเจ้าแต่ละชิ้นงานจะมีรูปแบบไม่ซ้ำกัน					
	ด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์					
61	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					

ข้อ	ข้อความ	ระดับการปฏิบัติ				
		มาก	ค่อนข้างมาก	ปานกลาง	ค่อนข้างน้อย	น้อย
62	นักเรียนควรใช้ตำราเรียนคณิตศาสตร์หลาย ๆ เล่ม					
63	ข้าพเจ้ามีความกระตือรือร้นเมื่อถึงชั่วโมงเรียนคณิตศาสตร์					
64	ข้าพเจ้ามีความประทับใจต่อครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์					
65	การเรียนแบบโครงการทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์					
66	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีเนื้อหาน่าสนใจ และท้าทายความสามารถ					
67	ข้าพเจ้าเรียนคณิตศาสตร์อย่างสนุกสนาน เพราะครูใช้วิธีสอนที่หลากหลาย					
68	ความรู้ทางคณิตศาสตร์ มีประโยชน์นำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้					
69	วิชาคณิตศาสตร์น่าเบื่อหน่าย					
70	ข้าพเจ้าคิดว่าควรลดชั่วโมงเรียนวิชาคณิตศาสตร์และเพิ่มชั่วโมงเรียนวิชาอื่นแทน					

โดยมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

	ข้อความทางบวก	ข้อความทางลบ
มาก	5	1
ค่อนข้างมาก	4	2
ปานกลาง	3	3
ค่อนข้างน้อย	2	4
น้อย	1	5

แล้วนำคะแนนที่ได้มาประเมินคุณภาพดังนี้

คะแนน	ข้อความทางบวก
1.00 – 15.00	คุณลักษณะอันพึงประสงค์ในด้านนี้น้อย
15.01 – 25.00	คุณลักษณะอันพึงประสงค์ในด้านนี้ค่อนข้างน้อย
25.01 – 35.00	คุณลักษณะอันพึงประสงค์ในด้านนี้ปานกลาง
35.01 – 45.00	คุณลักษณะอันพึงประสงค์ในด้านนี้ค่อนข้างมาก
45.01 – 50.00	คุณลักษณะอันพึงประสงค์ในด้านนี้มาก

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

สรุปประจําบทที่ 4

การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์นั้นเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินด้านความรู้สึกรู้สึกนึกคิด ซึ่งเป็นการประเมินคุณธรรม จริยธรรม คุณลักษณะ และเจตคติ ที่ควรปลูกฝังในการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลจะเป็นลำดับขั้นจากต่ำสุดไปสูงสุด ตั้งแต่ขั้นรับรู้ที่เป็นการประเมินพฤติกรรมที่แสดงออกจากรู้จัก เต็มใจ สนใจ ขึ้นต่อบสนองเป็นการประเมินพฤติกรรมที่แสดงว่าเชื่อฟัง ทำตาม อาสาทำ พอใจที่จะทำ ขึ้นเห็นคุณค่า (ค่านิยม) เป็นการประเมินพฤติกรรมที่แสดงความเชื่อ ซึ่งแสดงออกโดยการกระทำหรือปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ ยกย่องชมเชย สนับสนุน ช่วยเหลือ หรือทำกิจกรรมที่ตรงกับความเชื่อของตน ทำด้วยความเชื่อมั่น ศรัทธา และปฏิเสธที่จะกระทำในสิ่งที่ขัดแย้งกับความเชื่อของตน ขึ้นจัดระบบคุณค่าเป็นการประเมินพฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรม อภิปราย เปรียบเทียบ จนเกิดอุดมการณ์ในความคิดของตนเอง และสุดท้ายขั้นสร้างคุณลักษณะเป็นการประเมินพฤติกรรมที่มีแนวโน้มว่าจะประพฤติปฏิบัติเช่นนั้น อยู่เสมอในสถานการณ์เดียวกัน หรือเกิดเป็นอุปนิสัย ซึ่งคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์จะเป็นการทำความเข้าใจหรือสร้างกรณีทั่วไปโดยใช้ความรู้ที่ได้จากการศึกษากรณีตัวอย่างหลาย ๆ กรณี มองเห็นว่าสามารถใช้คณิตศาสตร์แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ มีความมุ่งมั่นในการทำความเข้าใจปัญหาและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สร้างเหตุผลเพื่อสนับสนุนแนวคิดของตนเองหรือโต้แย้งแนวคิดของผู้อื่นอย่างสมเหตุสมผล และค้นหาลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ และประยุกต์ใช้ลักษณะดังกล่าวเพื่อทำความเข้าใจหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

คำถามท้ายบทที่ 4

ตอบคำถาม

1. จงอธิบายความสำคัญของการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์
2. นักศึกษาคิดว่าผลของการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ด้านใดบ้าง
3. ให้นักศึกษาออกแบบการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในปัจจุบัน
4. นักศึกษาคิดว่าใครควรมีบทบาทในการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ และมีบทบาทอย่างไร

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

อ้างอิง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*.
วี พรินทร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป)¹. *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*.

<https://www.scimath.org/e-books/8380/8380.pdf>.

สมชาย วรภิเษมสกุล. (2567). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย

บุญจิรา พรหมจรรย์. (2550). *การศึกษาคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในการเรียนคณิตศาสตร์ของ
นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่างกัน (ปริญญาานิพนธ์
ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)*.

http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Ed_Mea/Boonjira_P.pdf

อนุวัติ คุณแก้ว. (2566). *การทดสอบ การวัดผลและประเมินผล การศึกษาแนวใหม่*. สำนักพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Jame H. M. (2013). *Classroom Assessment: Principles and Practice for Effective
Standards-Based Instruction* (6th ed). Needham Height: Allyn & Bacon.

บทที่ 5

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ตามสภาพจริง

การประเมินตามสภาพจริง หรือหนังสือบางเล่มจะใช้คำว่า การประเมินสภาพจริง (Authentic Assessment) เป็นการประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากผลงาน หรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้ปฏิบัติ เพื่อเป็นการสะท้อนองค์ความรู้ของผู้เรียน งานหรือชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายจึงมีสถานการณ์ซับซ้อนและเป็นองค์รวมมากกว่างานปฏิบัติในกิจกรรมการเรียนรู้ทั่วไป

Shotiga at al. (2015) อธิบายความสำคัญของการประเมินตามสภาพจริงมี 4 ประการ ดังนี้

1. เป็นการประเมินที่ช่วยในการจัดวางตำแหน่ง ผู้เรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ (placement) เนื่องจากผลการประเมินตามสภาพจริงทำให้ผู้ประเมินทราบระดับความสามารถของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ดังนั้นหากผู้สอนใช้การประเมินตามสภาพจริงประเมินก่อนการจัดการเรียนรู้ จะช่วยให้ทราบศักยภาพในปัจจุบันที่ผู้เรียนสามารถทำได้ในสาระการเรียนรู้ ทักษะการเรียนรู้ และจุดที่ผู้เรียนไม่สามารถทำได้ในสาระการเรียนรู้ ทักษะการเรียนรู้ เป็นการประเมินความสามารถพื้นฐานจากสภาพจริงเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และนำข้อมูลมาวางแผนการจัดการศึกษารายบุคคล (IEP) ตามความต้องการจำเป็นพิเศษของแต่ละบุคคล เพื่อวางแผนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามศักยภาพที่แท้จริง เช่น เข้าศึกษาในโครงการพิเศษ เข้าศึกษาต่อในระดับสูงขึ้น ส่งเสริมการเรียนรู้ซ่อมเสริม

2. เป็นการประเมินที่สอดคล้องกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ผู้ประเมินเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย เพื่อประมวลผลเป็นสารสนเทศเกี่ยวกับผู้เรียนทั้งจุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนา ดังนั้นการประเมินตามสภาพจริงจึงส่งเสริมให้ผู้สอนกำหนดและปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้ตอบสนองกับความต้องการ และเหมาะสมกับความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ

3. เป็นการประเมินที่ใช้ในการกำกับติดตาม (monitoring) ความก้าวหน้าของผู้เรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ โดยใช้เครื่องมือการประเมินที่หลากหลายเพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ในแผนการศึกษารายบุคคลหรือไม่ หากผู้เรียนไม่ผ่านจุดประสงค์ตามที่กำหนดไว้ ผู้ประเมินจะต้องช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ รวมทั้งจะต้องมีการปรับปรุงแผนการศึกษารายบุคคลให้เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียนแต่ละบุคคลอย่างต่อเนื่อง

4. ความมุ่งหมายให้ด้านความรับผิดชอบต่อสาธารณะ (accountability) เป็นความสามารถในการชี้แจงต่อสาธารณะได้ว่างบประมาณที่ประชาชนใช้ในด้านการศึกษาคุ้มค่าหรือไม่ มากน้อยเพียงใด

การประเมินตามสภาพจริงจึงเป็นการประเมินความสามารถในการลงมือปฏิบัติ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนที่สร้างสรรค์ และรับผิดชอบต่อสังคมและส่วนรวม ชวลิต ชูก่าแพง (2553) ได้อธิบายลักษณะของการประเมินตามสภาพจริง ดังนี้

1. การประเมินตามสภาพจริงออกแบบขึ้นเพื่อประเมินการปฏิบัติในสภาพจริง เช่น ผู้เรียนเรียนการเขียนก็ต้องเขียนให้ผู้อ่านจริงเป็นผู้อ่าน ไม่ใช่เรียนการเขียนแล้ววัดผู้เรียนเพียงการใช้แบบทดสอบวัดการสะกดคำหรือตอบคำถามเกี่ยวกับการเขียน หรือถ้าเรียนวิทยาศาสตร์ก็ต้องให้ผู้เรียนทำการทดลองหรือทำโครงการแทนการทดสอบที่วัดเพียงความจำเกี่ยวกับเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์

2. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินต้องเป็นเกณฑ์ของการปฏิบัติมากกว่าเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่สร้างขึ้นจากบุคคลใดบุคคลหนึ่ง โดยเกณฑ์นี้เป็นเกณฑ์ที่เปิดเผยและรับรู้กันทั้งผู้เรียนและบุคคลอื่น ไม่ใช่เกณฑ์ที่เป็นความลับอย่างการประเมินแบบดั้งเดิม การที่ผู้เรียนรู้ว่าตนเองทำภารกิจอะไรและมีเกณฑ์อย่างไร การเปิดเผยเกณฑ์การประเมินไม่ใช่เป็นทางการคดโกง ถ้าภารกิจนั้นเป็นเรื่องเกี่ยวกับการปฏิบัติจริง แต่ถ้าภารกิจเป็นการหาคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว เช่น แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ การเปิดเผยคำตอบก่อนย่อมทำไม่ได้

3. มีการประเมินตนเอง จุดประสงค์ของการประเมินตามสภาพจริงเพื่อช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการประเมินงานตนเอง โดยเทียบกับมาตรฐานทั่วไป เพื่อปรับปรุง ขยาย และเปลี่ยนทิศทางการดำเนินงาน และเพื่อริเริ่มในการวัดความก้าวหน้าของตนในรูปแบบต่าง ๆ

4. มีการนำเสนอผลงาน กิจกรรมการนำเสนอทำให้เกิดการเรียนรู้ที่หยั่งลึก เนื่องจากผู้เรียนได้สะท้อนความรู้สึกของตนว่ารู้อะไร และเสนอเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้แน่ใจว่าผู้เรียนได้เรียนรู้ในหัวข้อนั้น ๆ อย่างแท้จริง นอกจากนี้คุณลักษณะของการประเมินตามสภาพจริง มีประโยชน์ต่อเป้าประสงค์ที่สำคัญหลายประการ คือเป็นสัญญาณบ่งบอกว่างานของผู้เรียนมีความสำคัญมากพอที่จะให้ผู้อื่นรับรู้หรือชื่นชมได้ เปิดโอกาสให้ผู้อื่น เช่น ผู้สอน เพื่อนของผู้เรียน ผู้ปกครองได้เรียนรู้ ตรวจสอบ ปรับปรุง และชื่นชมในความสำเร็จอย่างต่อเนื่อง และเป็นตัวแทนของการบรรลุถึงเป้าหมายในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้อย่างแท้จริงและมีชีวิตชีวา

Deemee et al. (2016) กล่าวว่า การประเมินตามสภาพจริงเป็นการประเมินที่เปลี่ยนแปลงไปจากการประเมินแบบดั้งเดิมหลาย ๆ ด้าน ดังนี้

การประเมินแบบดั้งเดิม	การประเมินตามสภาพจริง
เน้นใช้วิธีการทดสอบ (test) โดยที่ผู้เรียนเลือกคำตอบหรือข้อมูลจากความจำ (recall)	อาศัยแนวทางการประเมินผลตามรูปแบบทางเลือกที่หลากหลายเน้นประเมินการกระทำหรือการปฏิบัติและการแสดงออกหลาย ๆ ด้านของผู้เรียน
เป็นอิสระจากบริบทชั้นเรียนจัดกระทำประเมินผลให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน มุ่งเน้นการวัดผลเพื่อตัดสินผลการมีทักษะหรือไม่มีทักษะที่สนใจ	ไม่เป็นอิสระจากชั้นเรียน ปล่อยให้มีการประเมินเป็นไปตามธรรมชาติ มุ่งเน้นการวัดทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ รวมทั้งประเมินเพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงทักษะที่สนใจ
มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถจดจำอะไรได้ (ความจำ) มากกว่าที่จะทำอะไรได้ (ทักษะ)	มุ่งเน้นให้ผู้เรียนทำอะไรได้ (ทักษะ) มากกว่าจดจำอะไรได้ (ความจำ)
กาประเมินมุ่งเน้นใช้แบบทดสอบ โดยเฉพาะแบบทดสอบชนิดเลือกตอบหรือแบบทดสอบชนิดเขียนตอบ	ใช้การประเมินด้วยเทคนิควิธีที่กลมกลืนกับการเรียนรู้และการดำเนินชีวิตประจำวัน เช่น การสังเกต การใช้แฟ้มสะสมงาน การสัมภาษณ์ หรือการประเมินการปฏิบัติ
ใช้คะแนนเป็นตัวบ่งชี้ความสำเร็จ	ใช้คะแนนร่วมกับคุณภาพและปริมาณของผลงานที่กำหนดเป็นตัวบ่งชี้ความสำเร็จ

ประโยชน์ของการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ใช้งานที่มีลักษณะปลายเปิดและสะท้อนกิจกรรมการเรียนรู้ที่แท้จริง ซึ่งนับเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนายุทธวิธีการจัดเรียนรู้ที่สำคัญ
2. เน้นการใช้ทักษะ ความรู้ ความเข้าใจระดับสูงที่สามารถประยุกต์ใช้ข้ามวิชาได้
3. เน้นที่สาระสำคัญของลักษณะที่บ่งบอกถึงพัฒนาการทางการเรียนรู้มากกว่าเพียงแต่การดูปริมาณของความบกพร่อง
4. เป็นปฏิบัติการที่เด่นชัดและแสดงให้เห็นกระบวนการแก้ปัญหาที่มีความสลับซับซ้อนและยุ่งยากได้เป็นอย่างดี
5. ส่งเสริมให้มีการใช้วิธีการประเมินผลที่หลากหลายและบันทึกผลการเรียนรู้ในภาพกว้างที่ได้มาจากสถานการณ์ต่าง ๆ กัน
6. สามารถใช้ได้กับทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม
7. ให้ความสำคัญและสนใจในความคิดและความสามารถของปัจเจกบุคคลมากกว่านำมาเปรียบเทียบระหว่างกัน

8. สนองตอบความแตกต่างระหว่างบุคคลและประเภทของผู้เรียนที่แตกต่างกันได้เป็นอย่างดี
9. ส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือกันในระหว่างการจัดการเรียนรู้ และกระบวนการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ระหว่างผู้เรียน ผู้สอนและผู้ปกครอง
10. ผู้เรียนและผู้สอนล้วนมีบทบาทสำคัญในการประเมินผล
11. ไม่เน้นว่าผลการศึกษาจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์สมมติฐานที่ตั้งไว้ก่อนหน้าที่จะมีการจัดการเรียนรู้
12. สามารถนำมาใช้เป็นวิธีการประเมินในระยะยาวได้
13. ให้ความสำคัญกับความก้าวหน้าที่ต้องการให้เกิดขึ้นมากกว่าการบันทึกจุดอ่อนของผู้เรียน

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้วยโครงการคณิตศาสตร์

สำหรับการประเมินผลคณิตศาสตร์ตามสภาพจริงที่เป็นที่นิยมกันคือ การประเมินด้วยโครงการ ซึ่งโครงการ (Project) นั้นมีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายสามารถสรุปได้ว่า โครงการเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า แล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามความสนใจ ความสามารถ และความถนัดของตนเอง หรือข้อสงสัยของผู้เรียน โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการอื่นที่เป็นระบบ ภายใต้คำแนะนำ ความช่วยเหลือจากเพื่อน ผู้สอนหรือผู้เชี่ยวชาญ เริ่มตั้งแต่เลือกเรื่องที่จะศึกษา การวางแผน การดำเนินงานตามขั้นตอนตลอดจนการนำเสนอผลงาน ซึ่งในการจัดทำโครงการนั้นสามารถทำได้ทุกระดับชั้น อาจเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม จะในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ให้ความหมายโครงการคณิตศาสตร์ว่าเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ลักษณะเดียวกับแก้ปัญหา แต่มีความซับซ้อนหรือเป็นระบบมากกว่า โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ ลงมือปฏิบัติ และสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองตามประเด็นที่สนใจ และมีการเชื่อมโยงทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ความรู้ความสามารถและประสบการณ์เดิมกับประเด็นที่ต้องการศึกษา ทั้งนี้การทำโครงการคณิตศาสตร์อาจมีลักษณะเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล โดยมีผู้สอนหรือผู้รู้ทำหน้าที่ให้คำปรึกษา การทำโครงการคณิตศาสตร์มีจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง
2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และความสามารถทางคณิตศาสตร์
3. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้า หรือทำวิจัยทางคณิตศาสตร์และเพิ่มพูนความรู้ตามความถนัดและความสนใจ
4. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีทักษะการสื่อสารที่นำมาใช้ในการเผยแพร่ผลงานของตนเอง
5. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบ และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
6. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของคณิตศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

สุวิทย์ มูลคำ (2551) แบ่งประเภทของโครงการตามลักษณะของกิจกรรมเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ

1. โครงการประเภทสำรวจและรวบรวมข้อมูล โครงการประเภทนี้ ผู้ทำโครงการเพียงต้องการสำรวจและรวบรวมข้อมูล แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาจำแนกหมวดหมู่และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้เห็นลักษณะหรือความสัมพันธ์ในเรื่องที่ต้องการศึกษาให้ชัดเจน การสำรวจและรวบรวมข้อมูลอาจทำได้หลายรูปแบบแล้วแต่กลุ่มสาระการเรียนรู้ นั้น ๆ เช่น สำรวจวิธีบวกจำนวนที่ชาวบ้านนิยมใช้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นต้น

ในการทำโครงการประเภทสำรวจข้อมูลไม่จำเป็นต้องมีตัวแปรเข้ามาเกี่ยวข้องกับผู้เรียนเพียงแต่สำรวจรวบรวมข้อมูลที่ได้ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาจัดให้เป็นหมวดหมู่และนำเสนอ ก็ถือว่าการสำรวจรวบรวมข้อมูลแล้ว

2. โครงการประเภททดลอง โครงการประเภททดลองต้องมีการจัดการกับตัวแปรที่จะมีผลต่อการทดลอง ซึ่งมี 4 ชนิด คือ

- 1) ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Dependent variable) หมายถึง เหตุของการทดลองนั้น ๆ
- 2) ตัวแปรตาม (Independent variable) ซึ่งจะเป็ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต้น
- 3) ตัวแปรควบคุม หมายถึง สิ่งที่ต้องควบคุมให้เหมือนกัน มิฉะนั้นจะมีผลทำให้ตัวแปรตามเปลี่ยนไป

4) ตัวแปรแทรกซ้อน ซึ่งจริง ๆ แล้วก็คือตัวแปรควบคุมนั่นเอง แต่บางครั้งเราจะควบคุมไม่ได้ ซึ่งจะมีผลแทรกซ้อนทำให้ผลการทดลองผิดไป แต่ก็แก้ไขได้โดยการตัดข้อมูลที่ผิดพลาดทิ้งไป เช่น ผู้เรียนต้องการศึกษาว่า กระจาดชนิดใดสามารถพับเครื่องร่อนและปาได้ไกลที่สุด

ตัวแปรต้น	คือ	ชนิดของกระจาด
ตัวแปรตาม	คือ	ระยะทางที่กระจาดเคลื่อนที่ได้
ตัวแปรควบคุม	คือ	แรงที่ใช้ปากระจาด ความสูงของระยะที่ปา
ตัวแปรแทรกซ้อน	คือ	บางครั้งในขณะที่ปามีลมพัดเข้ามาซึ่งจะทำให้ข้อมูลผิดพลาด

3. โครงการประเภทสิ่งประดิษฐ์เป็นการนำความรู้ที่มีอยู่มาประดิษฐ์หรือสร้างสิ่งใหม่ ๆ ขึ้นมา

4. โครงการประเภททฤษฎี เป็นการใช้จินตนาการของตนเองมาอธิบายหลักการหรือแนวความคิดใหม่ ๆ ซึ่งอาจอธิบายในรูปของสูตรหรือสมการ หรืออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นและไม่สามารถอธิบายได้โดยหลักการเดิม ๆ การทำโครงการประเภทนี้ ผู้ทำโครงการจะต้องมีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ เป็นอย่างดี จึงสามารถอธิบายได้อย่างมีเหตุผลและน่าเชื่อถือ จึงไม่เหมาะที่จะทำในระดับผู้เรียนที่ศึกษาในระดับประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษาตอนต้นมากนัก

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) อธิบายขั้นตอนการทำงานโครงการคณิตศาสตร์มีดังนี้

1. การกำหนดหัวข้อปัญหา เป็นการกำหนดประเด็นหรือปัญหาที่ต้องการศึกษา อาจพิจารณาจากความสนใจของผู้เรียน ความต้องการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือเหตุการณ์ทั่วไป และการค้นหาคำตอบในเรื่องที่เชื่อมโยงกับสาระการเรียนรู้ในหลักสูตรหรือเรื่องที่เกี่ยวข้อง กับชุมชนและสังคม ทั้งนี้ผู้สอนอาจให้คำแนะนำเพิ่มเติมได้ ประเด็นหรือปัญหาของโครงการคณิตศาสตร์ที่ต้องการศึกษา ควรมีลักษณะดังนี้

- 1) มีขอบเขตของปัญหาที่ไม่กว้าง และไม่ลึกเกินไป
- 2) เป็นเรื่องที่อยู่ในความสนใจ และนำไปใช้ประโยชน์ได้
- 3) เหมาะสมกับความสามารถและวัยของผู้เรียน

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ตามสภาพจริง

4) เหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้ศึกษา

5) สามารถเชื่อมโยงกับความรู้ที่เรียนมาได้

2. การวางแผนทำโครงการ เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องมาจากการกำหนดหัวข้อปัญหา โดยการค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง การเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้การออกแบบวิธีการเพื่อการศึกษา การทดลองหรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งต้องคำนึงถึงการควบคุมตัวแปร การรวบรวมข้อมูล และการวางแผนปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอนการวางแผนที่ดีจะช่วยให้การทำโครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

3. การลงมือทำโครงการ เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ เพื่อเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลแปลความหมายข้อมูล สรุปผลการศึกษา ค้นคว้า และในบางครั้งอาจมีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ที่สร้างไว้ด้วย

4. การเขียนรายงาน เป็นการนำเสนอผลงานที่ได้จากการทำโครงการอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบผลที่ได้จากการทำโครงการ โดยทั่วไปการเขียนรายงานควรประกอบด้วย บทคัดย่อ หลักการและเหตุผล ที่มาหรือความสำคัญของโครงการ ปัญหาหรือวัตถุประสงค์ การศึกษา ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง การสร้างข้อความคาดการณ์ อุปกรณ์ที่ใช้ วิธีการศึกษา ผลที่ได้จากการแปลผล สรุปผล ข้อเสนอแนะ และเอกสารอ้างอิง

5. การแสดงผลงาน เป็นการนำเสนอผลงานที่ได้จากการทำโครงการให้ผู้อื่นได้รับรู้โดยวิธีต่าง ๆ เช่น การจัดนิทรรศการ ซึ่งอาจทำในห้องเรียน ระดับสถานศึกษาระดับกลุ่มโรงเรียน ระดับจังหวัด ระดับเขตการศึกษา หรือระดับประเทศ

จุดมุ่งหมายสำคัญของการทำโครงการคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผล และการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซึ่งผู้เรียนควรเลือกทำโครงการที่เหมาะสมกับความสามารถของตนเอง โดยไม่ได้มุ่งเน้นเพื่อการส่งเข้าประกวดหรือเพื่อการแข่งขันชิงรางวัลต่าง ๆ

การประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์

การประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์มีสาระสำคัญที่จำเป็นต้องประเมิน ประกอบด้วย การประเมินด้านความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และแหล่ง

การเรียนรู้ โดยอาจกำหนดรายการประเมินและพฤติกรรมหรือการแสดงออกในแต่ละรายการประเมินไว้ดังนี้

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก
ด้านความรู้	<ul style="list-style-type: none"> - แสดงความรู้โดยใช้หลักการ หรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ - เลือกใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสม - มีความรู้เกิดขึ้นใหม่หรือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
ด้านทักษะและกระบวนการ	
1) การแก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> - กำหนดปัญหาและสร้างข้อความคาดการณ์ที่สอดคล้องกับปัญหา - ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาได้สำเร็จและมีประสิทธิภาพ
2) การให้เหตุผล	<ul style="list-style-type: none"> - มีการอ้างอิงและเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล - มีการอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดำเนินการอย่างชัดเจน
3) การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและเหมาะสม - นำเสนอผลงานตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ ชัดเจน และเข้าใจง่าย - มีรายละเอียดของข้อมูลที่ถูกต้องและสมบูรณ์ - มีการใช้เทคโนโลยีช่วยในการนำเสนออย่างเหมาะสม - รูปแบบการนำเสนอดึงดูดความสนใจ
4) การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ	<ul style="list-style-type: none"> - นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับสาระอื่น ๆ ตลอดจนนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม
5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	<ul style="list-style-type: none"> - นำแนวคิดและวิธีการแปลกใหม่มาปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง - มีความแปลกใหม่ในการออกแบบ
3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	
1) ทำงานอย่างเป็นระบบ	<ul style="list-style-type: none"> - มีการวางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ และเรียงลำดับความสำคัญอย่างเหมาะสม - ปฏิบัติงานครบทุกขั้นตอน
2) มีระเบียบวินัย	<ul style="list-style-type: none"> - ปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดไว้ - ผลงานมีความสะอาดเรียบร้อย
3) มีความรอบคอบ	<ul style="list-style-type: none"> - ปฏิบัติงานทุกขั้นตอนด้วยความรอบคอบ
4) มีความรับผิดชอบ	<ul style="list-style-type: none"> - มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ - ส่งงานก่อนหรือตรงกำหนดเวลานัดหมาย

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก
5) มีวิจารณ์ญาณ	- ปฏิบัติงานครบทุกขั้นตอนที่จำเป็น โดยสามารถตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออก - เลือกใช้วิธีดำเนินงานได้อย่างเหมาะสม
6) มีความเชื่อมั่นในตนเอง	- มีความเชื่อมั่นในตนเองขณะดำเนินงานและการนำเสนอผลงาน
7) ตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์	- มีความชื่นชม และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ - มีความกระตือรือร้นที่จะแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ - มีความสนใจในการค้นคว้าหาความรู้ทางคณิตศาสตร์
4. ด้านแหล่งการเรียนรู้	
1) ความเหมาะสม	- เลือกใช้แหล่งการเรียนรู้ที่เหมาะสม
2) ความเพียงพอ	- มีการใช้แหล่งการเรียนรู้ที่เพียงพอต่อการหาข้อมูล
3) ความน่าเชื่อถือ	- เลือกใช้แหล่งการเรียนรู้ที่มีความน่าเชื่อถือ

เกณฑ์การประเมินผลการทำโครงการงานคณิตศาสตร์

การประเมินผลโครงการงานคณิตศาสตร์ทำได้หลายรูปแบบ ทั้งการประเมินตนเองของผู้เรียน การประเมินจากเพื่อน ผู้สอน ผู้รู้ และผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ โดยใช้วิธีประเมินแบบอิงมาตรฐานที่ต้องสร้างเกณฑ์ให้สัมพันธ์กับพฤติกรรมหรือการแสดงออกในแต่ละรายการประเมิน

การกำหนดระดับคุณภาพของงานขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการประเมิน ตัวอย่างที่เสนอไว้ในที่นี้แบ่งระดับคุณภาพเป็น 4 ระดับ คือ ระดับดีมาก ดี พอใช้ และต้องปรับปรุง การทำโครงการงานคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่จะมีผลการปฏิบัติงาน หลักฐาน หรือร่องรอยของผลงานเกิดขึ้น ดังนั้นเกณฑ์ต่ำที่สุดในการประเมินคุณภาพของการทำโครงการงานคณิตศาสตร์จึงควรเป็นระดับต้องปรับปรุง อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ผู้เรียนไม่มีหลักฐานหรือร่องรอยของผลงานที่ช่วยให้สามารถลงความเห็นได้ อาจต้องกำหนดให้มีระดับไม่มีผลงานให้ประเมิน เพิ่มเติมขึ้นอีกได้

เกณฑ์การประเมินผลการทำโครงการงานคณิตศาสตร์มีแนวทางดังนี้

1) การประเมินผลการทำโครงการงานคณิตศาสตร์แบบเกณฑ์รวม เป็นการประเมินผลในภาพรวมของโครงการนั้น ๆ ซึ่งจะกำหนดระดับคุณภาพตามผลงานที่ปรากฏโดยมีคำอธิบายประกอบว่าผู้เรียนทำอะไรได้บ้างและทำได้อย่างไร และในกรณีที่ต้องการรวมผลการประเมินเพื่อการตัดสินสามารถแปลงผลการประเมินเชิงคุณภาพเป็นเชิงปริมาณได้ เช่น ให้คะแนนเชิงปริมาณของระดับดีมากเท่ากับ 4 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลมีดังนี้

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมของการทำโครงการคณิตศาสตร์

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	<ul style="list-style-type: none"> - แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างชัดเจน - มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการออกแบบโครงการ - ใช้เทคนิควิธีการต่าง ๆ ในการจัดทำโครงการจนประสบความสำเร็จ - การนำเสนอรายงานเป็นลำดับขั้นตอนดีมากและใช้เป็นแบบอย่างได้ - มีการวางแผนการทำงานเป็นระบบและทำงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด - มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือและหลากหลาย
3 (ดี)	<ul style="list-style-type: none"> - แสดงความเข้าใจปัญหา - ออกแบบโครงการได้ถูกต้องเป็นบางส่วน - ใช้เทคนิควิธีการในการจัดทำโครงการให้ประสบความสำเร็จเพียงบางส่วน - นำเสนอรายงานเป็นลำดับขั้นตอน - มีการวางแผนการทำงานและทำงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด - มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย
2 (พอใช้)	<ul style="list-style-type: none"> - เข้าใจปัญหาแต่ใช้เวลานานมาก - ต้องได้รับคำแนะนำในการออกแบบโครงการ - ต้องได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิควิธีที่ใช้ในการจัดทำโครงการ - ต้องได้รับคำแนะนำในการเขียนรายงาน - มีการวางแผนการทำงานแต่ไม่ชัดเจน และทำงานเสร็จช้ากว่าที่กำหนดไว้ - มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่น่าเชื่อถือเพียงบางส่วน
1 (ต้องปรับปรุง)	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่เข้าใจปัญหา - ออกแบบโครงการและการทดลองไม่ถูกต้อง - ต้องได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิควิธีในการทำโครงการทุกขั้นตอน - มีข้อบกพร่องในการเขียนรายงาน - มีการวางแผนการทำงานไม่เป็นระบบและทำงานเสร็จช้ากว่าที่กำหนดไว้ - มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลน้อยมากหรือไม่สัมพันธ์กับโครงการที่จัดทำ

การประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์ จะต้องมีการบันทึกรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการประเมินและผลการประเมินไว้ด้วย เพื่อการตรวจสอบและอ้างอิง ตัวอย่างแบบบันทึกผลการประเมินแบบเกณฑ์รวมของการทำโครงการคณิตศาสตร์ มีดังนี้

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการทำโครงการคณิตศาสตร์

1) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	- โครงการงานแสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนำไปประยุกต์ใช้ได้
3 (ดี)	- โครงการงานแสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ แต่นำไปประยุกต์ใช้ไม่ได้
2 (พอใช้)	- โครงการงานบางส่วนมีความแตกต่างจากโครงการที่มีผู้ทำไว้แล้ว
1 (ต้องปรับปรุง)	- โครงการงานเหมือนกับสิ่งที่ผู้ทำไว้แล้ว

2) การสร้างข้อความคาดการณ์

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	- ข้อความคาดการณ์สอดคล้องกับปัญหา และแสดงความสัมพันธ์หรือความเป็นเหตุผลอย่างชัดเจนและถูกต้อง
3 (ดี)	- ข้อความคาดการณ์สอดคล้องกับปัญหา และแสดงความสัมพันธ์หรือความเป็นเหตุผล แต่ไม่ชัดเจนหรือมีบางส่วนไม่ถูกต้อง
2 (พอใช้)	- ข้อความคาดการณ์สอดคล้องกับปัญหา แต่ไม่แสดงความสัมพันธ์หรือความเป็นเหตุเป็นผล
1 (ต้องปรับปรุง)	- ข้อความคาดการณ์ไม่สอดคล้องกับปัญหา

3) แหล่งการเรียนรู้

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	- มีการศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากแหล่งการเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือหลายแหล่งได้อย่างชัดเจนและครอบคลุม
3 (ดี)	- มีการศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากแหล่งการเรียนรู้แต่ไม่ครอบคลุมทั้งหมด
2 (พอใช้)	- มีการศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพียงบางส่วน
1 (ต้องปรับปรุง)	- มีการศึกษาหาข้อมูลแต่ไม่สอดคล้องกับปัญหา

4) การดำเนินการทำโครงการ

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	- ออกแบบการทำโครงการสอดคล้องกับข้อความคาดการณ์เลือกใช้อุปกรณ์ และดำเนินการทำโครงการเหมาะสมทำได้สำเร็จอย่างสมบูรณ์
3 (ดี)	- ออกแบบการทำโครงการสอดคล้องกับข้อความคาดการณ์เลือกใช้อุปกรณ์ และดำเนินการทำโครงการเหมาะสมทำได้สำเร็จแต่ยังไม่สมบูรณ์
2 (พอใช้)	- ออกแบบการทำโครงการสอดคล้องกับข้อความคาดการณ์เลือกใช้อุปกรณ์ และดำเนินการทำโครงการเหมาะสมแต่ทำไม่สำเร็จบางส่วน
1 (ต้องปรับปรุง)	- ออกแบบการทำโครงการสอดคล้องกับข้อความคาดการณ์แต่เลือกใช้อุปกรณ์และดำเนินการทำโครงการไม่เหมาะสมหรือไม่ถูกต้อง

5) การนำเสนอ

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	- มีการนำเสนอเป็นขั้นตอน การจัดทำข้อมูลและแปลความหมายถูกต้อง สมบูรณ์ มีความละเอียดชัดเจน รูปแบบของรายงานถูกต้องและสวยงามเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน
3 (ดี)	- มีการนำเสนอเป็นขั้นตอน การจัดทำข้อมูลและแปลความหมายถูกต้อง สมบูรณ์ มีความละเอียดชัดเจน แต่รูปแบบของรายงานไม่ถูกต้อง
2 (พอใช้)	- มีการนำเสนอเป็นขั้นตอน การจัดทำข้อมูลและแปลความหมายถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์และไม่ชัดเจนเพียงพอ
1 (ต้องปรับปรุง)	- มีการนำเสนอไม่ชัดเจน การจัดทำข้อมูลและแปลความหมายบางส่วนไม่ถูกต้อง

6) ความรอบคอบและรับผิดชอบ

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	- มีการวางแผนการดำเนินงานเป็นระบบ แสดงการทำงานครบทุกขั้นตอน เป็นระเบียบเรียบร้อย และส่งงานตามเวลาที่กำหนด
3 (ดี)	- มีการวางแผนการดำเนินงานเป็นระบบ แสดงการทำงานครบทุกขั้นตอน แต่ไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย หรือส่งงานล่าช้า
2 (พอใช้)	- มีการวางแผนการดำเนินงานเป็นระบบ แต่แสดงการทำงานไม่ครบทุกขั้นตอน และไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย
1 (ต้องปรับปรุง)	- มีการวางแผนการดำเนินงานไม่เป็นระบบ และแสดงการทำงานไม่ครบทุกขั้นตอน และไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย

สำหรับในส่วนนี้จะขอยกตัวอย่างโครงการคณิตศาสตร์ที่ได้รับรางวัล โดยปกติมักจัดการประกวดจากหลากหลายองค์กร เช่น สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้มีการจัดแข่งขันเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และการประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การวิจัย และการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อปลูกฝังเจตคติที่ดีและเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง เพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันเป็นทีมอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงศักยภาพทางวิชาการและเตรียมความพร้อมสู่นาคต ตัวอย่างโครงการที่ได้รับรางวัลในปี 2568 (สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2568)

ระดับประถมศึกษา

รองชนะเลิศอันดับ 1

โครงการเรื่อง เต็มน้ำ ต้นน้ำ ตามวิถีคณิต คณิต + ใจ สู้ภัยน้ำท่วม

โรงเรียนมงฟอร์ตวิทยาลัย แผนกประถม

โครงการเรื่อง Egg Save Pack กล่องอุ้มไข่แนวตั้ง มหัตศจรรย์ด้วยองศา

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถมศึกษา)

ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

โครงการเรื่อง การศึกษาพื้นที่ครอบคลุมสัญญาณ Wi-Fi โดยใช้เรขาคณิตของพื้นที่วงกลม และการออกแบบสายเชื่อมด้วยทฤษฎีกราฟ กรณีศึกษาอาคาร B โรงเรียนสุรวิวัฒน์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โรงเรียนสุรวิวัฒน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

โครงการเรื่อง ส่วนขยายของทฤษฎีบทพีทาโกรัสโดยใช้รูปหลายเหลี่ยม

โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ด้วยแฟ้มสะสมงาน

แฟ้มสะสมงาน (portfolio) เป็นเครื่องมือการประเมินลักษณะหนึ่งของการประเมิน สภาพจริง ซึ่งเป็นการสะสมผลงานของผู้เรียนอย่างมีจุดมุ่งหมายและเป็นระบบเพื่อแสดง ถึงความพยายาม ความก้าวหน้า และผลสัมฤทธิ์ทางด้านใดด้านหนึ่งของผู้เรียน (Paulson et al., 1991) สำหรับแฟ้มสะสมงานสามารถอธิบายได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1) เป็นเอกสารรวบรวม ข้อมูลรายงานการทำงาน หรือผลการทำงานของเจ้าของ portfolio นั้น แล้วจัดเก็บไว้อย่างเป็นระบบ อาจจะเป็นแฟ้ม เป็นกล่อง เป็นกระเป๋า portfolio เป็นภาพ ตามความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จุดประสงค์ของการจัดทำแฟ้มสะสมงานจึงเป็นไปเพื่อนำเสนอผลงานที่สอดคล้องตามสภาพความเป็นจริง หรืออย่างเป็นธรรมชาติ

2) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลรายงานการทำงานเพื่อประเมินความสำเร็จของผู้เรียนที่สูงกว่าการเก็บเป็นคะแนนเพราะเป็นการนำความรู้มาใช้ในการสร้างงานหรือแก้ปัญหาจนได้ชิ้นงาน และ

3) เป็นการประเมินทั้งที่เป็น formative และ summative ที่คำนึงถึงการทำงาน (กระบวนการทำงาน) และผลงาน

แฟ้มสะสมงานมีลักษณะสำคัญ ๆ สรุปได้ดังนี้

1. เป็นการสะสมงานของผู้เรียน ที่ผู้สอนให้คำแนะนำ ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดเป้าหมาย และกำหนดว่าจะต้องมีสิ่งใดบ้างบรรจุในแฟ้มสะสมงาน และร่วมกันพิจารณาตรวจทาน (review) งานก่อนที่จะบรรจุในแฟ้มสะสมงาน

2. เป็นผลผลิตของงานมากกว่ากระบวนการทำงาน เนื่องจากในแฟ้ม สะสมงานจะมีส่วนของผลงานมากกว่าส่วนอื่น หลังจากพิจารณาตรวจทานแล้วผู้เรียนจะ เลือกผลงานบรรจุในแฟ้มสะสมงาน ซึ่งผู้สอนจะไม่เห็นกระบวนการที่ใช้ในการผลิตงานโดยตรง

3. บ่งชี้จุดเด่นมากกว่าจุดด้อย การวัดผลแบบเดิมมักตรวจหาความ ผิดพลาดหรือข้อบกพร่องของผู้เรียนแต่แฟ้มสะสมงานเน้นจุดแข็งของผู้เรียนซึ่งช่วยให้เกิดความชื่นชมในผลงานของตนเอง ส่วนจุดอ่อนผู้สอนจะนำไปวางแผนจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

4. เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนวางแผนลงมือทำผลงาน คัดเลือก ผลงาน ประเมินและปรับปรุงผลงานด้วยตัวเองอย่างต่อเนื่อง โดยผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะ ผู้เรียนเป็นเจ้าของผลงาน เจ้าของแฟ้มสะสมงาน ผลงานของผู้เรียนมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

5. เอื้อต่อการสื่อสารต่อผู้อื่น แฟ้มสะสมงานจะช่วยสื่อความหมายใน เรื่องผลสัมฤทธิ์และ พัฒนาการของผู้เรียนต่อผู้ปกครอง เพื่อน นักแนะแนว ผู้บริหารโรงเรียน และบุคคลอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี

การประเมินผลโดยใช้แฟ้มสะสมงานของผู้เรียนมี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การวางแผนจัดทำแฟ้มสะสมงาน ในขั้นนี้ประกอบด้วย การเตรียมตัว ของผู้สอนและ เตรียมตัวผู้เรียน ดังนี้

1) การเตรียมตัวของผู้สอน ผู้สอนต้องดำเนินการศึกษาวิเคราะห์หลักสูตร วิเคราะห์ สภาพแวดล้อมของโรงเรียน สอบถามความต้องการเกี่ยวกับลักษณะวิธีการเรียน การสอน และการประเมินผลจากผู้ที่เกี่ยวข้อง กำหนดคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้เรียน ออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ และจัดทำแผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2) การเตรียมตัวผู้เรียน ก่อนทำการสอนผู้สอนต้องแจ้งให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้าเกี่ยวกับ จุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้เพื่อให้ ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญในการมีส่วนร่วม

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในขั้นนี้ผู้สอนดำเนินการสอน แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็น สำคัญที่ได้จัดทำไว้แล้ว กระตุ้นให้ผู้เรียนกำหนดภาระงาน และสร้างความรู้ตามภาระงาน กระตุ้นให้ ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมอย่างครบถ้วน ผู้สอนร่วมกับผู้เรียนกำหนดหลักเกณฑ์การประเมิน และร่วมกัน ประเมินผลจากการจัดการเรียนรู้ ในขั้นนี้จะทำให้ผู้เรียนได้ผลงานจากการจัดการเรียนรู้

3. การเก็บรวบรวมและคัดเลือกผลงาน การเก็บรวบรวมผลงาน ในขั้นนี้อาจเก็บรวบรวม ผลงานตาม จุดประสงค์การเรียนรู้ ประเภทของงาน เนื้อหาวิชา หรือตามลำดับความต่อเนื่องของงาน วิธีการจัดเก็บอาจเก็บรวบรวมไว้ในซอง แฟ้ม กล่อง ชั้น ตู้ หรือแผ่นดิสก์ โดยจัดเก็บรวบรวม เป็น 1 ภาคเรียน 1 ปีการศึกษา หรือเป็นระดับชั้นก็ได้ เช่น มัธยมศึกษาตอนต้น หรือมัธยมศึกษาตอนปลาย

การคัดเลือกผลงาน ให้พิจารณาคัดเลือกตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ ล่วงหน้า เมื่อประเมินพบ ข้อบกพร่องให้แก้ไข และพัฒนาให้เป็นผลงานที่ดีที่สุด หลังจากแก้ไขหรือพัฒนาแล้วให้ผู้เรียนคัดเลือก ด้วยตนเองก่อนแล้วจึงคัดเลือกร่วมกับผู้อื่น ได้แก่ เพื่อน ผู้สอน ผู้ปกครอง

4. การสะท้อนความคิดเห็นและการประเมินผลงาน การสะท้อนความคิดเห็นต่อผลงาน ใน ขั้นนี้ให้ผู้เรียนแสดงความรู้สึกต่อผลงาน แสดงความคิดเห็นต่อกระบวนการทำงาน แสดงความเห็น

เกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการผลิตชิ้นงาน และข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนฝึกจินตนาการ ผลงานที่มีคุณภาพ และรู้จักประเมินตนเองอย่างไม่เป็นทางการ

การประเมินผลงาน ในขั้นนี้ควรมีการประเมินโดยรวมทั้งรูปแบบ การจัดระบบเนื้อหาและ รายละเอียดต่าง ๆ ของแฟ้มสะสมงานด้วย ผู้ที่ทำหน้าที่ประเมินคือ เพื่อน ผู้สอน หรือผู้ปกครอง

5. การนำเสนอผลงาน การนำเสนอผลงานทำในรูปการจัดนิทรรศการผลงานของผู้เรียนโดย นำแฟ้มสะสมงานของทุกคนมาเสนอร่วมกัน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียน ผู้สอน ผู้ปกครอง ตลอดจน ชุมชนได้ชื่นชมความสำเร็จของผู้เรียน ขั้นตอนนี้เป็นกิจกรรมสร้างความสัมพันธ์ที่ระหว่าง โรงเรียน และชุมชน และยังทำให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจในผลงานของตนเองอีกด้วย

ผู้เรียนควรมีบทบาทหลักในการจัดนิทรรศการทั้งกระบวนการตั้งแต่ รูปแบบการจัด วิธีการ ในการจัด รวมทั้งการประเมินผลการจัดนิทรรศการด้วย

สำหรับข้อดีและข้อจำกัดของแฟ้มสะสมงาน สามารถสรุปได้ดังนี้ (สมชาย วรภิเกษมสกุล, 2567; พิชิต ฤทธิจรรย์, 2559)

ข้อดี

1. สามารถนำไปใช้สอนเป็นรายบุคคลได้เป็นอย่างดี เพราะในแฟ้มสะสมงานจะทำให้ผู้สอน ทราบจุดเด่นและจุดด้อยของผู้เรียนแต่ละคน
2. ทำให้ผู้เรียนได้รู้วิธีการสร้างสรรค์ผลงาน และประเมินผลงาน
3. ทำให้ผู้เรียนเกิดความภูมิใจในผลงานของตนเอง เห็นการพัฒนาตนเอง มีความเชื่อมั่นในตนเอง และมีกำลังใจที่จะแข่งขันกับตนเอง
4. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการพัฒนาการเรียนการสอนกับผู้สอน และมีโอกาส ได้ปรับปรุง กระบวนการเรียนรู้และผลการเรียนของตนเองอย่างต่อเนื่อง
5. ก่อให้เกิดความสัมพันธ์อันดีระหว่างผู้สอน ผู้เรียนและผู้ปกครอง

ข้อจำกัด

1. การใช้แฟ้มสะสมงานประเมินผลผู้เรียนยังมีปัญหาในเรื่องความ เชื่อมั่นหรือความเห็นที่ สอดคล้องกันในการประเมิน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการกำหนดเกณฑ์ในการประเมินยังไม่ค่อยชัดเจน หรือไม่ตรงกัน ผลการประเมินจึงไม่สอดคล้องกัน

2. ใช้เวลามากเนื่องจากผู้เรียนต้องใช้เวลาในการเก็บรวบรวมผลงาน รวมทั้งผู้สอนและผู้เรียนยังต้องใช้เวลาในการพิจารณาตรวจทานซึ่งโดยทั่วไปผู้สอนจะตรวจทาน คนเดียวกับผู้เรียนทั้งชั้นทำให้ต้องใช้เวลา

3. มีปัญหาเรื่องสถานที่เก็บรวบรวมผลงานโดยเฉพาะผู้สอนที่สอนหลายวิชา ในแต่ละปีจะมีเพิ่มสะสมงานของผู้เรียนแต่ละรายวิชาแต่ละชั้นจำนวนมาก

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้เสนอตัวอย่างเกณฑ์การประเมินเพิ่มสะสมงานดังนี้

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแฟ้มสะสมงานคณิตศาสตร์โดยภาพรวม

ระดับ	ลักษณะของแฟ้มสะสมผลงาน
ระดับ 4	<ul style="list-style-type: none"> ● ความแม่นยำในการแปลความสถานการณ์ของปัญหา ● ความเหมาะสมในการให้สารสนเทศ ● ให้ยุทธวิธีที่เหมาะสมหรือวิธีการในการแก้ปัญหาที่สมเหตุสมผล ● มีความคลาดเคลื่อนน้อยมากในกระบวนการแก้ปัญหา หรือแทบจะไม่มีคลาดเคลื่อนเลย เป็นหลักฐานซึ่งคำตอบได้รับการทบทวนและประเมินในบริบทของสถานการณ์ของปัญหาที่กำหนดให้ <p>หากหนึ่งในประเด็นต่อไปนี้ก็ให้ถือว่าเป็น Portfolio ระดับ 4</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ผลงานที่แสดงความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา 2. ใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอหรือการหาคำตอบของปัญหา 3. แสดงถึงความพากเพียรและเอาใจจริงเอาใจในการพจญกับสถานการณ์ที่ซับซ้อนและคลุมเครือ
ระดับ 3	<ul style="list-style-type: none"> ● ความแม่นยำในการแปลความสถานการณ์ ● ความเหมาะสมในการให้สารสนเทศ ● ให้ยุทธวิธีที่เหมาะสมหรือวิธีการในการแก้ปัญหาที่สมเหตุสมผล ● มีความคลาดเคลื่อนน้อยมากในกระบวนการแก้ปัญหา ● เป็นหลักฐานซึ่งหาคำตอบได้รับการประเมินในบริบทของปัญหาที่กำหนดให้
ระดับ 2	<ul style="list-style-type: none"> ● ความแม่นยำในการแปลความสถานการณ์ ● มีบางครั้งที่ให้ข้อสารสนเทศที่ไม่ถูกต้อง ● ไม่มีความคงเส้นคงวาในการใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมหรือวิธีการที่สมเหตุสมผล ● มักจะเกิดความผิดพลาดประจำในการคำนวณหรือการใช้กระบวนการเบื้องต้นต่าง ๆ ● คำตอบดูเหมือนจะมีได้ประเมินในบริบทของสถานการณ์ของปัญหาที่กำหนดให้
ระดับ 1	<ul style="list-style-type: none"> ● ไม่มีความแม่นยำในการแปลความสถานการณ์ ● ให้ข้อสารสนเทศที่ไม่ถูกต้อง ● ไม่มีการใช้ยุทธวิธีหรือวิธีแก้ปัญหาที่สมเหตุสมผล ● มักจะเกิดความผิดพลาดประจำในการคำนวณหรือการใช้กระบวนการเบื้องต้นต่าง ๆ ● คำตอบดูเหมือนว่าจะมิได้ประเมินบริบทของสถานการณ์ของปัญหาที่กำหนดให้
ระดับ 0	Portfolio ไม่สมบูรณ์หรือไม่มีงานใดที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย

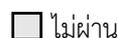
เกณฑ์การผ่าน

ตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป

สรุป



ผ่าน



ไม่ผ่าน

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแฟ้มสะสมงานคณิตศาสตร์โดยภาพรวม

ระดับ	ลักษณะของแฟ้มสะสมผลงาน
4	<ul style="list-style-type: none"> ● แปลความโจทย์ปัญหาได้ถูกต้องแม่นยำตลอดเวลา ● ใช้ข้อมูลที่กำหนดให้มาได้อย่างเหมาะสม ● ใช้วิธีแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและสัมพันธ์กับปัญหาที่กำหนดให้ ● มีข้อผิดพลาดที่ไม่สำคัญปากฎให้เห็นเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย ● มีการสรุปคำตอบและประเมินคำตอบจากสิ่งที่กำหนดให้ <p>ถ้างานมีลักษณะตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้ให้ได้ ระดับ 4</p> <p>ก) มีการแก้โจทย์เชิงสร้างสรรค์</p> <p>ข) ใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอหรือแก้โจทย์</p> <p>ค) มีความพยายามและความมุ่งมั่นกับความซับซ้อน ความไม่กระจ่างและความคลุมเครือของปัญหาจนบรรลุผลสำเร็จ</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> ● แปลความโจทย์ปัญหาได้ถูกต้องแม่นยำตลอดเวลา ● ใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ได้อย่างเหมาะสม ● ใช้วิธีแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและสัมพันธ์กับปัญหาที่กำหนดให้ ● มีข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อย ● มีการสรุปและประเมินคำตอบจากสิ่งที่กำหนดให้
2	<ul style="list-style-type: none"> ● แปลความโจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้องแม่นยำตลอดเวลา ● ใช้ข้อมูลที่กำหนดได้ไม่เหมาะสม ● ใช้วิธีแก้โจทย์ปัญหาไม่สัมพันธ์กับปัญหาที่กำหนดให้ ● มีข้อผิดพลาดในการคำนวณ ● ขาดการประเมินคำตอบจากสิ่งที่กำหนดให้
1	<ul style="list-style-type: none"> ● แปลความโจทย์ปัญหาไม่ค่อยถูกต้อง ● ใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง ● ใช้วิธีแก้โจทย์ปัญหาไม่สัมพันธ์กับปัญหาที่กำหนดให้ ● มีข้อผิดพลาดในการคำนวณ ● ขาดการประเมินคำตอบจากสิ่งที่กำหนดให้
0	<ul style="list-style-type: none"> ● แฟ้มสะสมไม่สมบูรณ์หรืองานไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้น

เกณฑ์การผ่าน ตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป

สรุป

 ผ่าน ไม่ผ่าน

สรุปประจําบทที่ 5

การประเมินสภาพจริง (Authentic Assessment) เป็นการประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากผลงาน หรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้ปฏิบัติ เพื่อเป็นการสะท้อนองค์ความรู้ของผู้เรียน งาน หรือชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายจึงมีสถานการณ์ซับซ้อนและเป็นองค์รวมมากกว่างานปฏิบัติในกิจกรรม การเรียนรู้ทั่วไป โดยนิยามจะประเมินอยู่ 2 ประเภท นั่นคือ การประเมินจากโครงการงาน (Project) ซึ่ง เป็นการประเมินจากการศึกษาค้นคว้า แล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามความสนใจ ความสามารถ และ ความถนัดของตนเอง หรือข้อสงสัยของผู้เรียน โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือ กระบวนการอื่นที่เป็นระบบ ภายใต้คำแนะนำ ความช่วยเหลือจากเพื่อน ผู้สอนหรือผู้เชี่ยวชาญ และ การประเมินจากแฟ้มสะสมงาน (Portfolio) ที่เป็นการประเมินจากการสะสมผลงานของผู้เรียน ซึ่ง ผลงานนั้นแสดงถึงความพยายาม ความก้าวหน้า และผลสัมฤทธิ์ทางด้านใดด้านหนึ่งของผู้เรียน

คำถามท้ายบทที่ 5

ตอบคำถาม

1. จงอธิบายความสำคัญและความจำเป็นของการประเมินจากโครงการงาน
2. จงอธิบายความสำคัญและความจำเป็นของการประเมินจากแฟ้มสะสมงาน
3. จงออกแบบเครื่องมือสำหรับการประเมินโครงการงานคณิตศาสตร์
4. จงออกแบบเครื่องมือสำหรับการประเมินแฟ้มสะสมงาน

อ้างอิง

พิชิต ฤทธิจรูญ. (2559). *หลักการวัดและประเมินผล* (พิมพ์ครั้งที่ 9). บริษัท แฮาส์ ออฟ เคอร์มิสท์ จำกัด

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย. (2568). *ผลการประกวดโครงการงานคณิตศาสตร์ (รอบชิงชนะเลิศ) ประจำปี 2568*. <https://www.mathassociation.or.th/activity/contest>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*.

ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2550). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สุรวิทย์ มุลคำ. (2551). *ครบเครื่องเรื่องการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 9). ภาพพิมพ์.

สมชาย วรภิเษมสกุล. (2567). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Deemee, P., Phusavat, P., & Rattanakad, W. (2016). Learning assessment techniques for the 21st century. *The Journal of Thailand Basic Education Community on Measurement and Evaluation*. 3: 10-12.

http://bet.obec.go.th/index/wp-content/uploads/2017/01/e-book_594.pdf

Paulson, F. Leon, Pearl R. Paulson and Carol A. Meyer. (1991). "What Makes a Portfolio a Portfolio?" *Educational Leadership*, (February 1991), pp. 60-63.

Shotiga Pasiphol, Nuttaporn Lawthong, & Kamonwan Tangdhanakanond. (2015). *Measurement and evaluation*. Department of Educational Research and Psychology, Faculty of Education, Chulalongkorn University.

บทที่ 6

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ในระดับชาติ

การวัดและประเมินผลในระดับชาตินั้นมีหลากหลายการประเมิน แต่ละการประเมินก็มีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน สำหรับคณิตศาสตร์ก็ถูกจัดเป็นวิชาหนึ่ง หรือส่วนหนึ่งของการประเมินระดับชาติ การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ระดับชาติที่ผู้สอน และผู้เรียนคุ้นชิน ได้แก่ การทดสอบความสามารถพื้นฐานระดับชาติ (National Test) หรือที่นิยมเรียกว่า NT และการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิยมขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test) หรือที่นิยมเรียกว่า O-NET นอกจากนี้ยังมีการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์อีกมากมาย เช่น การทดสอบความรู้เชิงวิชาการ (Applied Knowledge Level) หรือ A-Level การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านอาชีวศึกษา (Vocational National Educational Test) หรือ V-NET การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านอิสลามศึกษา (Islamic National Educational Test) หรือ I-NET การทดสอบการศึกษาระดับชาตินิยมขั้นพื้นฐานตามหลักสูตรการศึกษานอกระบบ (Non-Formal National Education Test) หรือ N-NET สำหรับตำราเล่มนี้จะอธิบายการประเมิน NT และ O-NET

การทดสอบความสามารถพื้นฐานระดับชาติ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2564) อธิบายว่า การทดสอบความสามารถพื้นฐานระดับชาติ (National Test) หรือที่นิยมเรียกว่า NT เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นการตรวจสอบคุณภาพผู้เรียนตามมาตรฐานและตัวชี้วัด เพื่อวินิจฉัยสิ่งที่จะต้องปรับปรุงและพัฒนาผู้เรียนเป็นรายบุคคล เน้นนำผลการประเมินไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนในระดับชั้นเรียนที่สูงขึ้น เป็นการเตรียมความพร้อมผู้เรียนก่อนการเรียนในปีการศึกษาต่อไป ผู้สอนสามารถผลการประเมินไปใช้ ปรับวิธีการจัดการเรียนรู้ และวางแผนพัฒนาคุณภาพผู้เรียนเป็นรายบุคคล

การทดสอบความสามารถพื้นฐานระดับชาติเป็นการประเมินผู้เรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วย 2 ด้าน คือ ความสามารถด้านภาษาไทย และความสามารถด้านคณิตศาสตร์ ตามกรอบตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

สำหรับความสามารถด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการตีความ และแปลงจากสถานการณ์ปัญหา หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในบริบทของชีวิตจริง (Problem in context) ให้เป็นปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical problem) การใช้ทักษะการคิดคำนวณ การแก้ปัญหา การเชื่อมโยง การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การคิดสร้างสรรค์ และการให้เหตุผล โดยอาศัยข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ มีการพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบ ประเมินและตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผลและสร้างสรรค์โดยยึดหลักคุณธรรมจริยธรรม และความเป็นพลเมืองดีของประชาคมโลก เพื่อนำไปสู่การหาผลลัพธ์และการ อธิบาย/คาดการณ์/พยากรณ์สถานการณ์ปัญหาหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูปความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

ตัวอย่างข้อสอบ

ตัวอย่างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

1. จำนวนประชากรในอำเภอหนึ่ง

ตำบล	ประชากร (คน)
สามัคคี	16,049
เอื้อเฟื้อ	7,624
รวมใจ	92,140
ใจบุญ	21,881
เสียสละ	13,795

จากข้อมูล เมื่อเรียงลำดับจำนวนประชากรจากมากไปน้อย ตำบลในข้อใดที่มีประชากรน้อยเป็น 2 ตำบลสุดท้าย

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. เสียสละ และ เอื้อเฟื้อ | 2. รวมใจ และ ใจบุญ |
| 3. ใจบุญ และ เสียสละ | 4. สามัคคี และ เอื้อเฟื้อ |

2. ร้านค้ามีลูกชิ้นไก่ 50 กิโลกรัม มีลูกชิ้นปลามากกว่าลูกชิ้นไก่ 70 กิโลกรัม
ถ้าร้านค้าแบ่งลูกชิ้นปลาใส่ถุง ถุงละ 5 กิโลกรัม

- | | |
|-------|-------|
| 1. 4 | 2. 10 |
| 3. 14 | 4. 24 |

3. แม่มีขนมชั้น 1 ถาด ตัดแบ่งเป็น 8 ชั้นที่มีขนาดเท่า ๆ กัน แบ่งให้น้องนิต $\frac{3}{8}$ ถาด แบ่งให้น้องนัท $\frac{2}{8}$ ถาด
จากข้อมูล แม่เหลือขนมในถาดคิดเป็นเศษส่วนเท่าใด

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. $\frac{1}{8}$ | 2. $\frac{2}{8}$ |
| 3. $\frac{3}{8}$ | 4. $\frac{5}{8}$ |

ตัวอย่างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แบบเขียนตอบ

1. ร้านค้าขายเครื่องดื่มทุกชนิดราคาแก้วละ 40 บาท วันนี้ขายชาสมุนไพร 50 แก้ว และขายกาแฟโบราณ 42 แก้ว
จากข้อมูล วันนี้ร้านค้าขายเครื่องดื่มได้เงินทั้งหมดกี่บาท

ตอบ

2. ร้านอาหารตามสั่งซื้อเนื้อสัตว์ เพื่อมาเตรียมทำอาหารขาย ดังนี้



ปลา 2 กิโลกรัม 500 กรัม



ไก่ 3 กิโลกรัม 500 กรัม



ปูหนัก.....

จากข้อมูล ถ้าร้านอาหารตามสั่งซื้อเนื้อสัตว์หนักรวม 8 กิโลกรัม จะซื้อปูหนักกี่กิโลกรัม

ตอบ

ตัวอย่างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 แบบแสดงวิธีทำ

พ่อค้าขายไอศกรีมราคาแท่งละ 7 บาท ได้ดังนี้

รสกะทิ 55 แท่ง

รสช็อกโกแลต 75 แท่ง



จากข้อมูล พ่อค้าจะขายไอศกรีมได้เงินทั้งหมดกี่บาท (แสดงวิธีทำ)

สำหรับผลการประเมินนั้นจะเป็นการนำไปใช้ในการพัฒนาเพื่อเป็นการพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และผู้ที่เกี่ยวข้องควรศึกษาและนำผลการรายงานในครั้งนี้อไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาควรนำสารสนเทศที่ได้จากการประเมินไปกำหนดยุทธศาสตร์ ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา ส่งเสริมสนับสนุน พัฒนาบุคลากรที่เกี่ยวข้อง และกำกับนิเทศ ติดตามการจัดการเรียนรู้ของสถานศึกษาในสังกัดอย่างต่อเนื่อง

สถานศึกษา

- 1) สถานศึกษาควรนำผลการประเมินไปใช้ในการวางแผนพัฒนาคุณภาพการศึกษา และแผนปฏิบัติราชการประจำปีอย่างต่อเนื่อง
- 2) สถานศึกษาควรนำผลไปวิเคราะห์ เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์ จัดทำแผน โครงการ กิจกรรม ทั้งกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมเสริมหลักสูตรอย่างเป็นรูปธรรมชัดเจน
- 3) ผู้บริหารประสานความร่วมมือ เสริมสร้างความเข้าใจผู้สอน ให้สอนตามมาตรฐาน และตัวชี้วัดตามตัวชี้วัด ที่ต้องรู้และควรรู้ เพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนด้านคณิตศาสตร์
- 4) ผู้บริหารโรงเรียน ควรส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ อย่างหลากหลาย ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญโดยเฉพาะรายกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่ผลการประเมินต่ำให้เป็นไป อย่างมีประสิทธิภาพ มีการกำกับติดตามอย่างต่อเนื่อง

ผู้สอน

- 1) ผู้สอนควรนำผลการประเมินไปใช้ในการพัฒนาระดับชั้นเรียน พัฒนาผู้เรียน รายบุคคล และนำผลการประเมินไปใช้ในการวิจัยในชั้นเรียน
- 2) ผู้สอนควรแสวงหาวิธีการหรือนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ โดยเฉพาะ ในมาตรฐานที่มีผลการประเมินอยู่ในระดับปรับปรุง อย่างเป็นระบบและอย่างต่อเนื่อง
- 3) ผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการฝึกทักษะการคิด วัดและประเมินผลโดยใช้วิธีการที่หลากหลายและใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพ ตลอดจนฝึกผู้เรียนให้รู้จักคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ แสวงหาความรู้อย่างกว้างขวาง

มีนักวิจัยได้ศึกษาการทดสอบความสามารถพื้นฐานระดับชาติเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ใน ห้องเรียน เช่น วิษณุ ทรัพย์สมบัติ และคณะ (2567) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ของตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อผลการประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปี พบว่า สมรรถนะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมีอิทธิพลต่อผลการประเมินคุณภาพ ผู้เรียนระดับชาติ พร้อมทั้งอธิบายว่า เนื่องจากลักษณะของการประเมินเป็นการวัดคุณลักษณะของ ผู้เรียนที่ไม่ใช่ความรู้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการประเมินที่ครอบคลุมไปถึงทักษะกระบวนการ ทักษะ การคิด และสมรรถนะสำคัญจำเป็นพื้นฐานของผู้เรียน ดังนั้น ผู้สอนต้องพยายามปรับลดบทบาทของ การเป็นผู้บรรยายหน้าชั้นเรียน หรือผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถกำกับกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ที่ลุ่มลึกในเนื้อหาสาระ สามารถคิดวิเคราะห์ พัฒนาองค์ความรู้และปรับประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาที่เหมาะสมกับบริบทของ สภาพแวดล้อม และสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังพบว่า สภาพแวดล้อมทางกายภาพ (physical environment) เช่น บริเวณโรงเรียน อาคารสถานที่ การจัดสภาพแวดล้อม ในบริเวณ โรงเรียนให้เป็นระเบียบเรียบร้อย และมีความปลอดภัย สภาพแวดล้อมทางสังคม (social environment) และสภาพแวดล้อมทางวิชาการ (academic environment) เป็นปัจจัยที่สนับสนุน และสะท้อนการบริหารงานวิชาการของโรงเรียน การเรียนการสอน และการพัฒนาวิชาชีพของผู้สอน และจากงานวิจัยของ วรัญญกรณ์ ชาลีรักษ์ (2563) พบว่า ขนาดของโรงเรียนมีอิทธิพลต่อผลการ ประเมินวิชาคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ จินตนา ติยะรังษิณกุล (2555) ยังพบว่า การทดสอบ ความสามารถพื้นฐานระดับชาติยังไม่สะท้อนคุณภาพมาตรฐานการศึกษาของประเทศ อาจเป็นเพราะ การประเมินไม่ได้มีผลต่อการเรียนของผู้เรียน ผู้เรียนจึงไม่เห็นความสำคัญ ไม่ตั้งใจสอบ ผลการ ประเมินจึงค่อนข้างต่ำ ผิดกับการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของโรงเรียน ผู้สอนจะใช้วัดผลการ เรียน ซึ่งมีผลต่อการสอบได้หรือตก ผู้เรียนจะให้ความสำคัญและตั้งใจสอบมากกว่า นอกจากนี้บาง โรงเรียนที่กลัวว่าจะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนต่ำมาก หรือถูกจัดในอันดับท้าย ๆ ก็อาจจะไม่ให้เกิดที่อ่อน ได้สอบ หรืออาจจะบอกข้อสอบแก่ผู้เรียนของตน ทำให้ผลการประเมินขาดความน่าเชื่อถือ (Reliable)

การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน

การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test) หรือที่นิยมเรียกว่า O-NET เป็นการทดสอบความรู้และความคิดรวบยอดของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามมาตรฐานการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ผลจากการประเมินจะใช้เป็นข้อมูลในการเทียบเคียงคุณภาพการศึกษาในระดับต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษา ตลอดจนเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในระดับนโยบายของประเทศ

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (ม.ป.ป.) อธิบายวัตถุประสงค์ของการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติดังนี้

1. ใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการจบการศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2. ใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น

3. ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพการจัดการเรียนรู้ของโรงเรียน

4. ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนระดับชาติ

5. การนำผลการทดสอบ O-NET ไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่น

กลุ่มเป้าหมายและรายวิชาในการทดสอบ

ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิชาที่สอบจำนวน 4 วิชา ประกอบด้วย ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์

ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชาที่สอบจำนวน 5 วิชา ประกอบด้วย ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

ตัวอย่างข้อสอบ

ตัวอย่างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

1. ถังใบหนึ่งมีความจุอยู่ 12.3 ลิตร ก่องเติมน้ำลงไปจนถึงอีก 4.5 ลิตร แล้วนำน้ำทั้งหมดบรรจุใส่ขวดขวดละเท่า ๆ กัน ได้ 6 ขวด ขวดแต่ละใบบรรจุน้ำกี่ลิตร

1. 1.30
2. 2.05
3. 2.80
4. 6.55

2. เชือก 3 เส้น มีความยาวดังนี้

เชือกสีแดงยาว $\frac{7}{3}$ เมตร

เชือกสีขาวยาว $\frac{11}{12}$ เมตร

เชือกสีดำยาว $2\frac{1}{6}$ เมตร

ข้อใดต่อไปนี้เรียงลำดับเชือกที่ยาวน้อยที่สุดไปหาเชือกที่ยาวมากที่สุดได้ถูกต้อง

- | | | |
|----------|-------|-------|
| 1. สีขาว | สีดำ | สีแดง |
| 2. สีขาว | สีแดง | สีดำ |
| 3. สีแดง | สีขาว | สีดำ |
| 4. สีแดง | สีดำ | สีขาว |

ตัวอย่างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แบบเติมคำตอบ

1. แหม่มซื้อนาฬิกาโดยใช้บัตรส่วนลด 20% จากราคาป้าย 5,250 บาท ถ้าแหม่มนำนาฬิกาไปขายต่อในราคา 5,250 บาท แหม่มจะได้กำไรร้อยละเท่าใด

2. สูตรในการทำขนมปังของเจน มีอัตราส่วนของน้ำหนักของแป้งขนมปังต่อน้ำหนักของน้ำเป็น 10:3 และอัตราส่วนของน้ำหนักของนมสดรสจืดต่อน้ำหนักของน้ำเป็น 8:5 ถ้าเจนใช้แป้ง 500 กรัม จะใช้นมรสจืดกี่กรัม

ตัวอย่างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

1. โรงงานผลิตอาหารแห่งหนึ่งมีจำนวนพนักงานทั้งหมด 1,200 คน โดยเดือนแรกมีอัตราส่วนของพนักงานที่ฉีดวัคซีนเข็มที่ 1 ต่อพนักงานที่ยังไม่ได้ฉีดวัคซีนเข็มที่ 1 เป็น 7:17 เดือนที่สองมีพนักงานฉีดวัคซีนเข็มที่ 1 เพิ่มขึ้นอีก 400 คน และเดือนที่สามพนักงานได้รับการฉีดวัคซีนเข็มที่ 1 ครบทั้งหมด จำนวนพนักงานโรงงานแห่งนี้ได้รับการฉีดวัคซีนเข็มที่ 1 ในเดือนแรก ต่างจากที่ได้รับเข็มที่ 1 ในเดือนที่สามจำนวนกี่คน

- | | |
|--------|----|
| 1. 50 | คน |
| 2. 100 | คน |
| 3. 150 | คน |
| 4. 500 | คน |

2. ข้อมูลการส่งออกสินค้าปี 2563 ของประเทศไทย พบว่าสินค้าประเภทรถยนต์และอุปกรณ์ มีมูลค่าการส่งออกประมาณ 21,000 ล้านบาท ประเภทอัญมณีและเครื่องประดับมีมูลค่าการส่งออกประมาณ 18,200 ล้านบาท และประเภทเครื่องปรับอากาศมีมูลค่าการส่งออกประมาณ 5,200 ล้านบาท

สินค้าทั้ง 3 ประเภทมีมูลค่าการส่งออกเฉลี่ยกี่ดอลลาร์

1. 3.05×10^9 ดอลลาร์
2. 3.05×10^{10} ดอลลาร์
3. 1.48×10^9 ดอลลาร์
4. 1.49×10^{10} ดอลลาร์

ตัวอย่างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ชนิดเติมคำตอบ

1. $\sqrt[3]{\sqrt{27 \times 81 \times 3^5}} - \sqrt[3]{(-125)}$ มีค่าเท่าใด
2. ในการผสมแอลกอฮอล์เจล 500 มิลลิลิตร มีส่วนผสมประกอบด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ กลีเซอริน และน้ำสะอาด โดยปริมาณของน้ำสะอาดที่ใช้เป็น 3 เท่าของปริมาณน้ำสะอาดและกลีเซอรินรวมกัน ถ้าในส่วนผสมนี้มีเอทิลแอลกอฮอล์ทั้งหมด 375 มิลลิลิตร แล้วจะมีน้ำสะอาดในส่วนผสมกี่มิลลิลิตร

ตัวอย่างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

1. กำหนดให้ x, y, z เป็นจำนวนจริงที่ไม่เท่ากับศูนย์ และ $\sqrt{x^2 y^4 z^3} = -xy^2 z$ ข้อใดต่อไปนี้ เป็นไปได้
 1. $xy < 0$
 2. $xz > 0$
 3. $xy > 0$
 4. $yz < 0$
 5. $yz > 0$
2. ในการแข่งขันกีฬาสามประเภทของโรงเรียนบ้านโคงกาง
 - มีนักกีฬา 37 คนได้เหรียญรางวัลจากกีฬาวิ่ง
 - มีนักกีฬา 13 คนได้เหรียญรางวัลจากกีฬาว่ายน้ำ และ
 - มีนักกีฬา 19 คนได้เหรียญรางวัลจากกีฬายาน
 ถ้านักกีฬาที่ได้รับเหรียญรางวัลทั้งหมด 46 คน ซึ่งมีเพียง 3 คนที่ได้เหรียญรางวัลจากทุกประเภทกีฬา แล้วมีนักกีฬากี่คน ที่ได้เหรียญจากสองประเภทกีฬานั้น

1. 13 คน	2. 16 คน
3. 17 คน	4. 19 คน
5. 23 คน	

ตัวอย่างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชนิดเติมคำตอบ

1. รูปร่างง่ายของ $\left(\frac{8}{125}\right)^{-\frac{2}{3}} - \sqrt{\frac{2}{32}}$ เท่ากับเท่าใด
2. สุ่มเลือกจำนวนมา 4 จำนวนพร้อมกันจากเซตของจำนวนเต็มบวก $\{1, 2, 3, \dots, 8\}$ ความน่าจะเป็นที่จำนวนทั้งสี่ที่เลือกมา สามารถนำมาเรียงเป็นลำดับเลขคณิตได้เท่ากับเท่าใด

การนำผลการทดสอบการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้มีรายละเอียดดังนี้

ผู้เรียน

ผู้เรียนจะสามารถทราบผลการประเมินซึ่งจะแสดงคะแนนของผู้เรียนรายบุคคล โดยผู้เรียนดูผลคะแนนของตนเองในแต่ละวิชาว่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของระดับโรงเรียน ระดับสังกัดและระดับประเทศ เพื่อประเมินและพัฒนาตนเองให้มีผลการเรียนดียิ่งขึ้น

ผู้สอน

ผู้สอนสามารถดูผลการประเมินที่ตนเองรับผิดชอบจากใบรายงานผลการทดสอบ O-NET การทดสอบ O-NET รายบุคคล (สถานศึกษา) ค่าสถิติระดับโรงเรียน แยกตามมาตรฐานการเรียนรู้ และค่าสถิติระดับโรงเรียน แยกตามสาระการเรียนรู้

ผู้บริหารสถานศึกษา

ผู้บริหารสถานศึกษาสามารถทราบผลการประเมิน ค่าสถิติระดับ โรงเรียน แยกตามรายวิชา ซึ่งผู้บริหารสามารถพิจารณาผลการสอบในภาพรวมของวิชาจากคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนเทียบเคียงกับโรงเรียนที่อยู่ในจังหวัดหรือโรงเรียนที่อยู่ในสังกัด เดียวกันที่มีสภาพแวดล้อมในการจัดการเรียนการสอนที่ใกล้เคียงกัน และระดับประเทศ เพื่อนำมาปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอนของโรงเรียนยิ่งขึ้น โดยใช้ระบบการนิเทศฯ แล้วส่งเสริม สนับสนุน

เขตพื้นที่การศึกษา

เขตพื้นที่การศึกษาสามารถนำผลการประเมินนำไปใช้ในการส่งเสริม สนับสนุนสถานศึกษาในสังกัดได้

ต้นสังกัด

ต้นสังกัดของโรงเรียนทุกโรงเรียน สามารถนำผลการประเมินไปวิเคราะห์เพื่อพัฒนาผู้สอนในสังกัดให้มีความรู้ ความชำนาญในสาขาวิชาที่สอน กระตุ้นผู้บริหารสถานศึกษาให้หันเหทิศทางการดำเนินงานมาให้ความสำคัญกับติดตาม จัดทำระบบช่วยเหลือผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน รวมทั้งผลักดันให้มีการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ประเทศ

ผลการประเมินเป็นข้อสอบกลาง โดยผู้เรียนผู้เข้าสอบต้องทำแบบทดสอบเดียวกันทั่วประเทศ ดังนั้น ผลการทดสอบ O-NET จึงมีประโยชน์ต่อผู้เรียน ผู้สอนอาจารย์ ผู้บริหารสถานศึกษา เขตพื้นที่การศึกษา ต้นสังกัด และระดับประเทศ เนื่องจากผลการประเมินเป็นสิ่งสะท้อนผลการจัดการศึกษาในระดับชั้นเรียน ระดับโรงเรียน และสะท้อนถึงคุณภาพผู้เรียน อีกทั้งยังใช้ผลการทดสอบในการประเมินตนเอง (แข่งกับตัวเอง) และประเมินเทียบกับผู้อื่น (แข่งกับเพื่อน) ได้อีกด้วย

เมื่อศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน มีนักวิชาการศึกษาหลากหลายประเด็น เช่น ธนารัชตะธุม (2563) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน พบว่า ปัจจุบันหน่วยงานและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้มีการนำคะแนน O-NET ไปใช้อย่างกว้างขวาง ได้แก่ การใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการตัดสินผลการเรียนของผู้เรียนที่จบ การศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 การใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการคัดเลือกเข้าศึกษาต่อของสถานศึกษาและการสอบเข้ามหาวิทยาลัยซึ่งเป็นที่ประโยชน์โดยตรงของผู้สอบ กล่าวคือ ผู้เรียนที่เข้าสอบสามารถนำคะแนนไปใช้ในการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ส่วนการนำไปใช้เพื่อกำหนดค่าเป้าหมายในการพัฒนาการศึกษา การพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ และยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิจัยทางการศึกษานั้น เป็นการศึกษารวมของการสอบและการนำผลการสอบไปใช้ ซึ่งเมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์จากผลคะแนน O-NET แม้ว่าจะมีการนำผลการสอบไปใช้ในทางลบบ้าง (ดุขฎิโย เกลา และคณะ, 2562) แต่ในภาพรวมแล้วจะเห็นว่ามีความเห็นว่ามีหน่วยงานที่เห็น ความสำคัญและนำข้อมูลที่ได้จากการสอบ O-NET ไปใช้มากขึ้น ในขณะที่ รัตนา บำรุงจันทร์ (2561) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของผู้เรียน โรงเรียนขยายโอกาส สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาระยอง เขต 2 พบว่า แรงจูงใจใฝ่เรียนรู้ พฤติกรรมการเรียน ฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัว ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้ปกครอง ความสัมพันธ์ภายในครอบครัว คุณภาพการสอน สภาพแวดล้อมในชั้นเรียน และด้านความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับนักเรียนล้วนส่งผลทางบวกต่อคะแนนทั้งสิ้น ส่วนสาครินทร์ จันทรมณี และคณะ (2568) ได้ศึกษาแนวทางพัฒนาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติปีการศึกษา 2566 ของเครือข่ายโรงเรียนที่ 5

“ลานสกา” จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ผู้บริหารควรจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะสำคัญ ผู้สอนต้องใช้การประเมินที่หลากหลายและติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ เครือข่ายโรงเรียนควรร่วมมือกันพัฒนาการสอน แบ่งปันทรัพยากร จัดอบรมผู้สอน และส่งเสริมกิจกรรมนอกห้องเรียน เพื่อยกระดับผลการทดสอบอย่างยั่งยืน

สรุปประเด็นที่ 6

การทดสอบความสามารถพื้นฐานระดับชาติ หรือ NT เป็นการประเมินผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ด้าน ได้แก่ ความสามารถด้านภาษาไทย และความสามารถด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการประเมินที่ได้จะมุ่งเน้นเพื่อวินิจฉัยสิ่งที่ต้องปรับปรุงและพัฒนาผู้เรียนเป็นรายบุคคล เน้นนำผลการประเมินไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนในระดับชั้นเรียนที่สูงขึ้น และเป็นการเตรียมความพร้อมผู้เรียนก่อนการเรียนในปีการศึกษาต่อไป ผู้สอนสามารถผลการประเมินไปใช้ ปรับวิธีเรียนเปลี่ยนวิธีการวัดการเรียนรู้ และวางแผนพัฒนาคุณภาพผู้เรียนเป็นรายบุคคล การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน หรือ O-NET เป็นการทดสอบ ความรู้และความคิดรวบยอดของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามมาตรฐานการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ผลจากการประเมินจะใช้เป็นข้อมูลในการเทียบเคียงคุณภาพการศึกษาในระดับต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษา ตลอดจนเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในระดับนโยบายของประเทศ

คำถามประเด็นที่ 6

ตอบคำถาม

1. จงอธิบายความสำคัญของการทดสอบความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติ
2. จงอธิบายความสำคัญของการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน
3. นักศึกษาคิดว่าผลการประเมินการทดสอบความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติสามารถนำไปปรับปรุง หรือพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้อย่างไร
4. นักศึกษาคิดว่าผลการประเมินการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานสามารถนำไปปรับปรุง หรือพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้อย่างไร

5. จงอธิบายความแตกต่างของการทดสอบความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติกับการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน

อ้างอิง

- คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564). รายงานผลการประเมินคุณภาพผู้เรียน (NT) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2564. www.nkp2.go.th/wp-content/uploads/2022/05/รายงานการประเมินคุณภาพผู้เรียน-NT-ปีการศึกษา.pdf
- จินตนา ติยะรังษิณกุล (2555). การศึกษานโยบายการพัฒนาระบบการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ. <http://www.thaiedresearch.org/home/paperview/636>
- ดุขฎิ โยเหลา และคณะ. (2562). รายงานการประเมินผลการดำเนินงานของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558–2560 (ฉบับสมบูรณ์). <https://www.niets.or.th/th/content/download/15721>
- ธนันท์ ธนารัชตะกุ่ม. (2563). การใช้ประโยชน์จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 48(1), 63 – 82.
- รัตนา บำรุงจันทร์, ภคณัฏฐ์ สมพงษ์ธรรม และ สฎายู ชิระวณิชตระกูล. (2562). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียน โรงเรียนขยายโอกาส สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสระแก้ว เขต 2. *วารสารบริหารการศึกษา มศว*, 16(30), 188 – 200.
- วรัญญภรณ์ ชาลีรักษ์ . (2563). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสถานศึกษากับผลการประเมินคุณภาพผู้เรียน (National Test: NT). <http://www.thaiedresearch.org/home/paperview/2417/?>
- วิษณุ ทรรศสมบัติ, ศิวกร รัตติโชติ และลาวัลย์ พิชญวรรธ. (2567). การศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อผลการประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 – 2563 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 9(1), 479–495. <https://so02.tcithaijo.org/index.php/JRKA/article/view/266932>

สาครินทร์ จันทรมณี, สิริวิชญ์ ทับสุทธิ, มณฑกานต์ดี เพชรอักษร และสิทธิไกร กุลสวน. (2568).

แนวทางพัฒนาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติดีปีการศึกษา 2566 ของเครือข่ายโรงเรียนที่
5 “ลานสกา” จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารการทดสอบและการประเมินทางการศึกษา
ระดับชาติ*, 6(1), 17 – 38.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (ม.ป.ป.). O-NET.

<https://www.niets.or.th/th/catalog/view/211>

บทที่ 7

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ในระดับนานาชาติ

เมื่อพูดถึงการประเมินคณิตศาสตร์ในระดับนานาชาติ จะมีการประเมินที่เป็นที่อยู่ระดับอยู่ 2 การประเมิน ได้แก่ โครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไทยเทียบกับนานาชาติ หรือที่นิยมเรียกว่า TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) กับโปรแกรมประเมินสมรรถนะผู้เรียนมาตรฐานสากล หรือที่นิยมเรียกว่า PISA (Programme for International Student Assessment)

โครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนไทยเทียบกับนานาชาติ

สำนักงานเลขาธิการการศึกษา (2554) ได้อธิบายว่า โครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไทยเทียบกับนานาชาติ หรือที่นิยมเรียกว่า TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) เป็นโครงการที่สมาคมนานาชาติเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (International Association for the Evaluation of Educational Achievement) หรือ IEA ดำเนินการร่วมกับประเทศสมาชิกเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรของผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (Grade 4) และมัธยมศึกษาปีที่ 2 (Grade 8) โดยการประเมินเริ่มมีขึ้นในปี ค.ศ. 1995 และประเมินต่อเนื่องทุกสี่ปี

สำหรับกรอบการประเมินนั้นมี 2 ด้าน ได้แก่ การประเมินเชิงเนื้อหาสาระ (Content Domain) และการประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญา (Cognitive Domain) รวมทั้งยังประเมินด้านการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ (Science Inquiry) แต่ไม่ได้แยกออกมาประเมินโดยเฉพาะ แต่จะครอบคลุมอยู่ในทุก ๆ เนื้อหาสาระที่มีการประเมิน

การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สำหรับโครงการ TIMSS ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีขอบเขตในการประเมิน ประกอบด้วย การประเมินเชิงเนื้อหาสาระ (Content Domain) และการประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญา (Cognitive Domain) ดังนี้

การประเมินเชิงเนื้อหาสาระ

การประเมินเชิงเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ครอบคลุม 3 เรื่อง ได้แก่ จำนวน (Number) เรขาคณิตและการวัด (Geometric Shapes and Measures) และข้อมูล (Data Display) และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ครอบคลุม 4 เรื่อง ได้แก่ จำนวน (Number) พีชคณิต (Algebra)

เรขาคณิตและการวัด (Geometry and Measurement) และข้อมูลและโอกาส (Data and Probability) โดยใน www.timssandpirls.bc.edu/timss2023/frameworks ได้มีการกำหนดรายละเอียดดังตาราง 7.1 ถึง 7.5

ตาราง 7.1 น้ำหนัก หัวข้อและน้ำหนักของเนื้อหาที่ใช้ในการประเมินของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในการประเมิน TIMSS 2023

เนื้อหา	หัวข้อ	น้ำหนัก
จำนวน	จำนวนเต็ม เศษส่วนและทศนิยม ประโยคแสดงจำนวน แบบรูปและความสัมพันธ์	50%
เรขาคณิตและการวัด	จุด เส้น และมุม รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ	30%
ข้อมูล	การอ่านและตีความหมายข้อมูล การเก็บรวบรวมและการนำเสนอข้อมูล	20%

ตาราง 7.2 น้ำหนัก หัวข้อและน้ำหนักของเนื้อหาที่ใช้ในการประเมินของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการประเมิน TIMSS 2023

เนื้อหา	หัวข้อ	น้ำหนัก
จำนวน	จำนวนเต็ม เศษส่วนและทศนิยม จำนวนจริง อัตราส่วน สัดส่วน และเปอร์เซ็นต์	30%
พีชคณิต	แบบรูป นิพจน์ทางพีชคณิต สมการ และฟังก์ชัน	30%
เรขาคณิตและการวัด	รูปเรขาคณิต การวัดที่เกี่ยวข้องกับเรขาคณิต การระบุตำแหน่งและการเคลื่อนที่ ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต 2 มิติกับ 3 มิติ	20%
ข้อมูลและโอกาส	การเก็บรวบรวมและการนำเสนอข้อมูล การอ่านและตีความหมายข้อมูล โอกาสและความน่าจะเป็น	20%

การประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญา

การประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญาของโครงการ TIMSS แบ่งเป็น 3 ด้าน คือความรู้ (Knowing) การประยุกต์ใช้ความรู้ (Applying) และการใช้เหตุผล (Reasoning) โดยกำหนดรายละเอียดของแต่ละพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในการประเมินดังตาราง 7.3 – 7.5

ตาราง 7.3 รายละเอียดของการประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญาด้านความรู้

ระลึกได้ (Recall)	รู้บทนิยาม คัพท์เฉพาะ สมบัติของจำนวน หน่วยการวัด สมบัติของเรขาคณิตและสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้อง (เช่น $a \times b = ab$, $a + a + a = 3a$)
ระบุ (Identify)	ระบุตัวเลข นิพจน์ ปริมาณ และรูปร่าง รู้จักหน่วยต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ อ่านข้อมูลจากกราฟ ตาราง ข้อความ หรือแหล่งอื่น ๆ
จำแนก (Classify/Order)	จำแนก จัดกลุ่ม หรือจัดเรียงรูปเรขาคณิต จำนวน และนิพจน์ ตามสมบัติพื้นฐาน
คำนวณ (Compute)	ใช้การดำเนินการเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณและการหาร ของจำนวนเต็ม เศษส่วน และทศนิยม และใช้กระบวนการทางพีชคณิตที่คุ้นเคยในการคำนวณ

ตาราง 7.4 รายละเอียดของการประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญาด้านการประยุกต์ใช้ความรู้

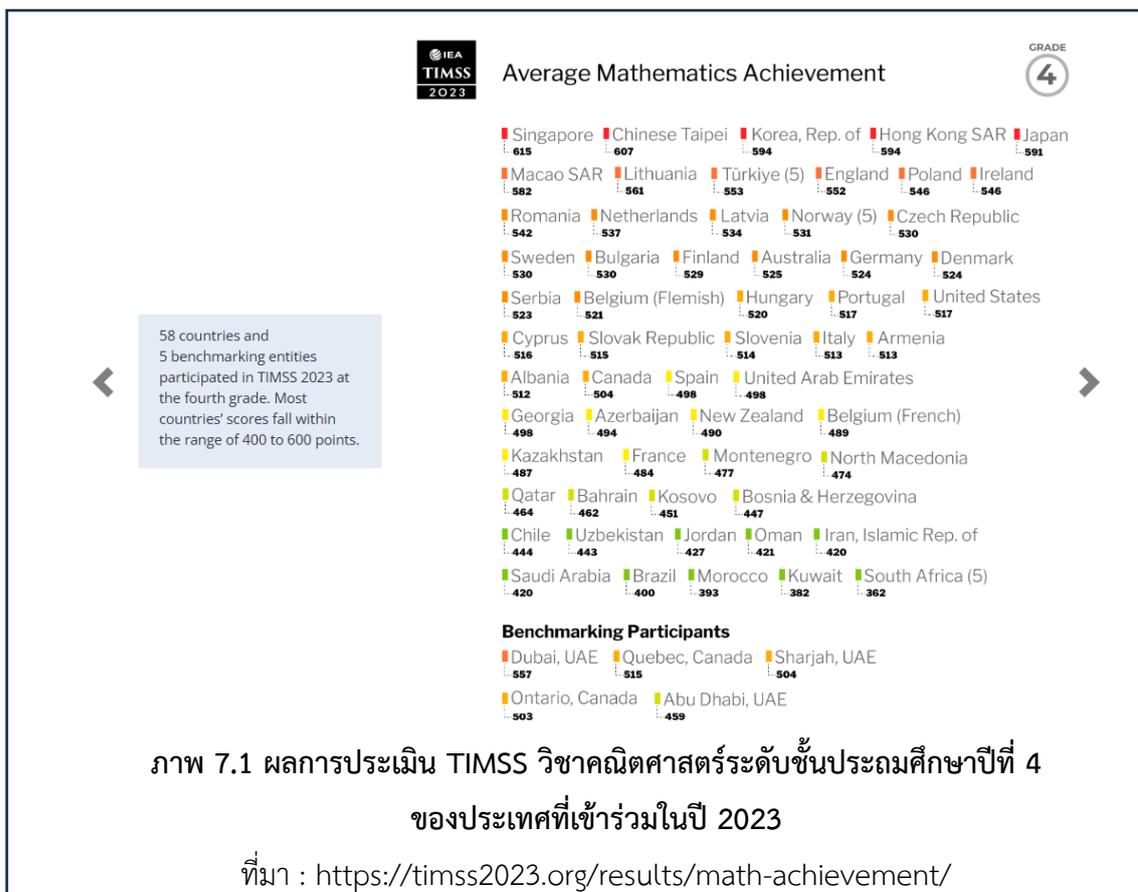
กำหนด (Formulate)	กำหนดการดำเนินการ กลยุทธ์ และเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ/เหมาะสมสำหรับการแก้ไขปัญหา
นำไปปฏิบัติ (Implement)	นำกลยุทธ์และการปฏิบัติการที่เหมาะสมมาปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหา
นำเสนอ (Represent)	นำเสนอข้อมูลทางคณิตศาสตร์โดยใช้แผนภาพ ตารางแผนภูมิ หรือกราฟ และนำเสนอเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ของสิ่งที่กำหนดให้แสดงข้อมูลในรูปตารางหรือกราฟ

ตาราง 7.5 รายละเอียดของการประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญาด้านการใช้เหตุผล

วิเคราะห์ (Analyze)	กำหนด อธิบาย หรือใช้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผลจากข้อมูลที่กำหนดให้
สร้างข้อสรุปทั่วไป (Generalize)	ขยายผลจากการคิดทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาโดยการกล่าวถึงในรูปทั่วไปหรือในรูปที่สามารถนำไปใช้อ้างอิงได้กว้างขึ้น
สังเคราะห์ (Integrate)	สร้างความเชื่อมโยงระหว่างการนำเสนอและแนวคิด ทางคณิตศาสตร์
ตรวจสอบ (Justify)	ตรวจสอบคำตอบทั้งที่เป็นคำตอบถูกหรือคำตอบผิดโดยอ้างอิงหลักการทางคณิตศาสตร์

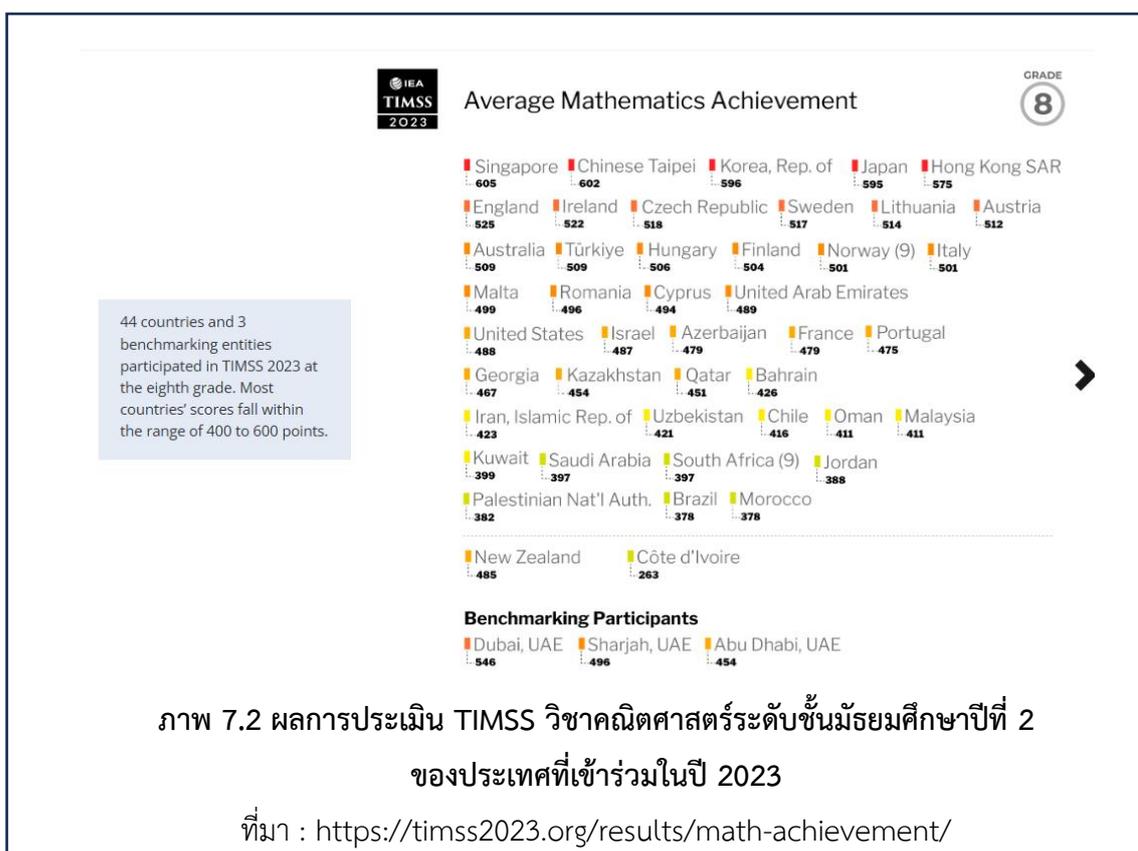
ในรอบการประเมินปี 2019 และ 2023 ประเทศไทยไม่ได้เข้าร่วมการประเมิน แต่อย่างไรก็ตาม ในปี 2023 TIMSS เป็นการทดสอบทางดิจิทัลเต็มรูปแบบ โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ในการเก็บคะแนน รวมถึงวิเคราะห์ทัศนคติของผู้เข้าประเมิน ที่เรียกว่า ระบบการให้คะแนนจากการตอบสนองโดยรูปทรง (Automated Scoring of Graphical Responses) ซึ่งมีความแม่นยำของ AI สูงสุดถึง 98% ส่งผลให้การเก็บข้อมูลในส่วนของคำตอบของผู้เรียนดีขึ้น เช่น

ระยะเวลาในการตอบข้อสอบในแต่ละข้อ เป็นต้น ซึ่งเป็นประโยชน์โดยตรงต่อการวิจัย รวมถึงลดต้นทุน และจำนวนคนตรวจความถูกต้องของผลทดสอบของประเทศสมาชิก ซึ่งมีการแปลชุดทดสอบเป็นภาษาอื่นนอกเหนือจากภาษาอังกฤษ



ภาพ 7.1 ผลการประเมิน TIMSS วิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ของประเทศที่เข้าร่วมในปี 2023

ที่มา : <https://timss2023.org/results/math-achievement/>



ภาพ 7.2 ผลการประเมิน TIMSS วิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของประเทศที่เข้าร่วมในปี 2023

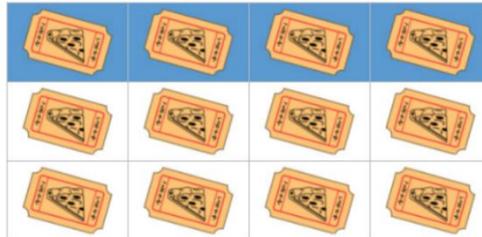
ที่มา : <https://timss2023.org/results/math-achievement/>

Ticket Sales

Your classmate sold 12 tickets.

$\frac{1}{3}$ of these tickets were sold to fourth grade students.

Click $\frac{1}{3}$ of the tickets.



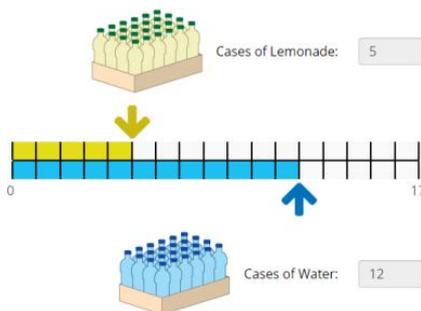
Drinks

Water and lemonade both come in cases of 24 bottles.

For 400 people you need 17 cases of drinks.

A. You know 100 students want a bottle of lemonade. Buy the **smallest** number of cases that will give you enough lemonade.

Drag the arrow  along the number line to show how many cases to buy.



B. Lemonade costs 20 zeds per case. Water costs 10 zeds per case.

What is the total cost of the 17 cases you bought?

Answer: zeds

Reviewing the Ticket Price

Your class plans to sell 400 tickets.

You can use the graph to answer both of the following questions.

A. How much money would your class collect from selling tickets for 6.50 zeds each?

Answer: zeds

B. The total cost of the party turns out to be 2200 zeds.

What is the lowest ticket price that covers this cost?

Answer: zeds



ภาพ 7.3 ตัวอย่างข้อสอบ TIMSS วิชาคณิตศาสตร์ของระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
ที่มา : https://timss2019.org/psi/wp-content/uploads/exhibits/T19_PSI_Ch1-mathematics-grade-4.pdf

Building Size

The building frame comes in sections with 4 m by 4 m bases.



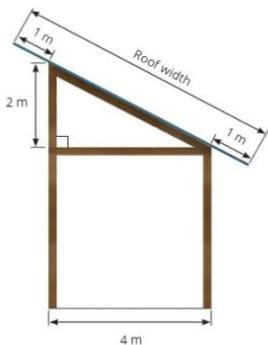
What is the area of the base of a building with 3 sections?

Answer: m²

Roof

The roof is slanted to help the rain run off the building.

The roof extends 1 m beyond the front and back edges of the building.



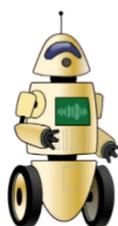
Which expression could be used to calculate the roof width?

- A $2 + \sqrt{20}$
- B $2 + \sqrt{6}$
- C $2 + (4^2 + 2^2)$
- D $2 + (4 + 2)$

Robots

This robot has a rule to determine y given a value for x .

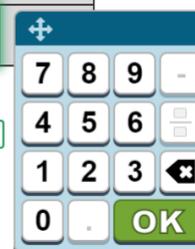
Enter some x values in the table to help you find the robot's rule.



x	y
0	10
1	12
2	14
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Write the robot's rule.

$y =$



ภาพ 7.4 ตัวอย่างข้อสอบ TIMSS วิชาคณิตศาสตร์ของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ที่มา : https://timss2019.org/psi/wp-content/uploads/exhibits/T19_PSI_Ch3-mathematics-grade-8.pdf

โปรแกรมประเมินสมรรถนะผู้เรียนมาตรฐานสากล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2568) ซึ่งเป็นหน่วยงานรับผิดชอบในโปรแกรมประเมินสมรรถนะผู้เรียนมาตรฐานสากล หรือที่นิยมเรียกว่า PISA (Programme for International Student Assessment) ได้อธิบายว่า โครงการนี้เป็นการประเมินที่ริเริ่มโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาของประเทศต่าง ๆ ในการเตรียมความพร้อมให้เยาวชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง โดย PISA เน้นการประเมินสมรรถนะของผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน โดยจะประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ โดยประเทศไทยเข้าร่วม PISA ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 (PISA 2000) และดำเนินการต่อเนื่องมาใน PISA 2003, PISA 2006, PISA 2009, PISA 2012, PISA 2015, PISA 2018 และ PISA 2022 โดยจัดการประเมินต่อเนื่องทุกสามปี ซึ่งมีผลการประเมินคณิตศาสตร์ได้ดังรูป 7.5

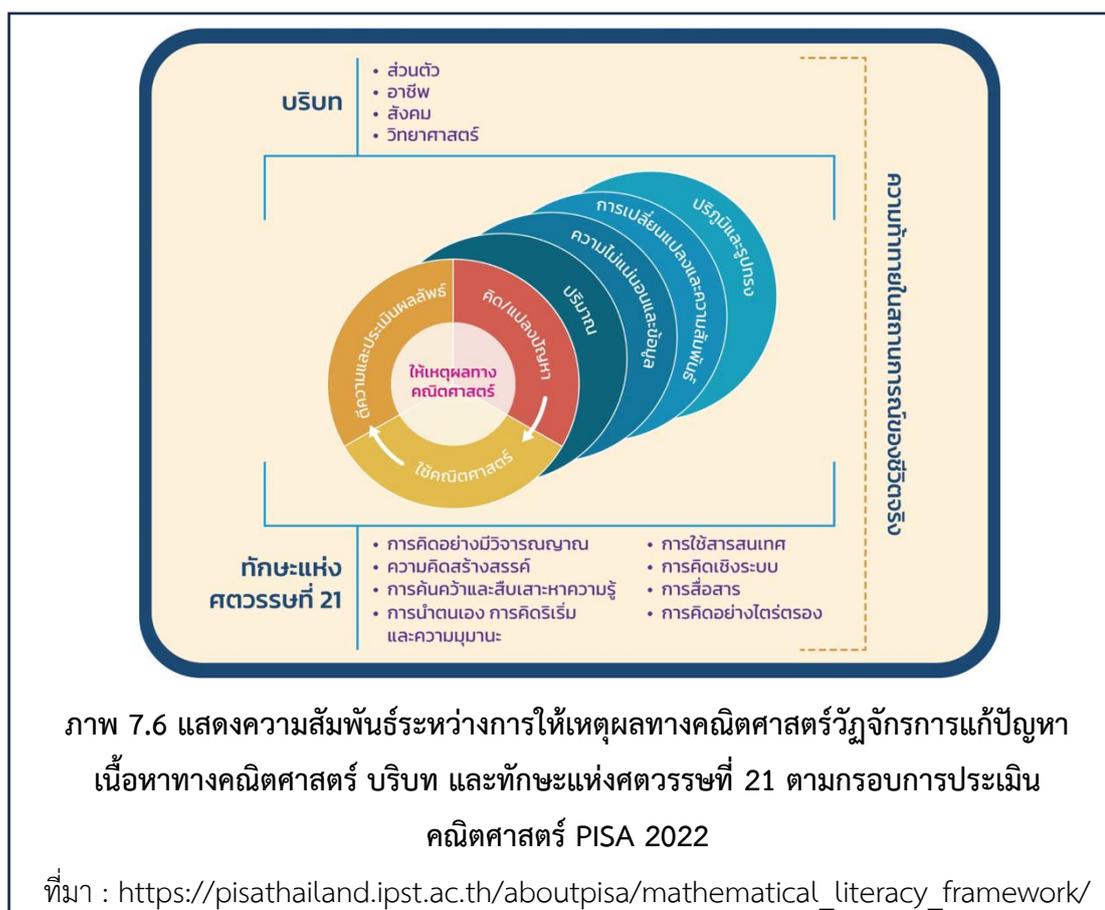


สำหรับการประเมินคณิตศาสตร์นั้น PISA จะใช้คำว่า mathematics literacy โดยทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในประเทศไทยแปลเป็นคำว่า ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (ในอดีตใช้คำว่า การเรื่องรู้คณิตศาสตร์) และ PISA ได้ให้คำจำกัดความของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ไว้ว่า “สมรรถนะในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการคิด ใช้ และตีความคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในบริบทของชีวิตจริงที่หลากหลาย รวมถึงการใช้โน้ตค้น วิธีการ ข้อเท็จจริง และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ในการอธิบาย และคาดการณ์สถานการณ์ต่าง ๆ โดยสมรรถนะข้างต้นจะช่วยให้บุคคลเข้าใจถึงบทบาท

ของคณิตศาสตร์ และตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลและเหตุผลที่เหมาะสม ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องคิดอย่างไตร่ตรอง สร้างสรรค์ และมีส่วนร่วมต่อสังคมส่วนรวม”

จากนิยามความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ PISA ได้กำหนดกรอบการประเมินด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งครอบคลุม 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical reasoning) และการแก้ปัญหา (Problem solving) ที่บุคคลใช้เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical content) ที่บุคคลนำมาใช้ในการแก้ปัญหา
3. บริบท (Context) เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงและทักษะที่สำคัญสำหรับศตวรรษที่ 21 ซึ่งสัมพันธ์กับความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์



จากรูป 7.6 แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนต้องสามารถนำความรู้จากเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ มาใช้แก้ปัญหาในบริบทที่ท้าทายหรือแก้ปัญหาที่พบเจอในชีวิตจริง เริ่มตั้งแต่การแปลงสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ ใช้หลักการ วิธีการ และเลือกใช้เครื่องมือ

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ระดับนานาชาติ

ทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา นั้น จากนั้นตีความและประเมินผลลัพธ์ให้อยู่ในบริบทของชีวิตจริง ซึ่งในแต่ละกระบวนการแก้ปัญหาต้องอาศัยการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น รวมถึงคิดอย่างไตร่ตรองถึงกระบวนการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินและตัดสินใจที่น่าเชื่อถือของข้อมูล นอกจากนี้ ผู้เรียนยังต้องอาศัยแนวคิดเชิงคำนวณ (Computational thinking) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งประกอบด้วย การพิจารณารูปแบบ การแบ่งปัญหาใหญ่เป็นปัญหาย่อย การเลือกใช้เครื่องมือคำนวณที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์หรือแก้ปัญหา และการออกแบบขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 1 การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เกี่ยวข้องกับการประเมินสถานการณ์ การเลือกกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา การสรุปที่สมเหตุสมผล การปรับปรุงและอธิบายที่มาของคำตอบ และการตระหนักรู้ถึงวิธีการประยุกต์ใช้วิธีแก้ปัญหา

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความสามารถหรือการแสดงพฤติกรรมต่อไปนี้

- ระบุ ตระหนักรู้ จัดระบบ เชื่อมโยง และแสดงแทนสิ่งที่เกี่ยวข้อง
- สร้าง คิดเชิงนามธรรม ประเมิน สรุปความ แสดงเหตุผล อธิบาย และแก้ต่าง
- ตีความ ตัดสินใจ วิเคราะห์ ไต่แย้ง และทำให้เหมาะสม

ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล และการอ้างเหตุผลที่ไม่ลำเอียงและมีความน่าเชื่อถือ เป็นทักษะที่มีความสำคัญมากขึ้นในโลกยุคปัจจุบัน คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสัญลักษณ์และแนวคิดต่าง ๆ ที่ได้มีการนิยามไว้อย่างชัดเจน ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์และแปลงให้อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ โดยใช้ “การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์” เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่มีความชัดเจน ผู้เรียนเรียนรู้จากคณิตศาสตร์ว่าการให้เหตุผลอย่างเหมาะสมจะทำให้ได้ผลลัพธ์และข้อสรุปที่มั่นใจได้ว่ามีความถูกต้องเป็นข้อสรุปที่สมเหตุสมผล ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริง และไม่มี ความลำเอียง

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญอย่างมากในโลกปัจจุบัน และสามารถจำแนกได้สองลักษณะ ได้แก่ (1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นการสรุปจากสมมติฐานหรือสิ่งที่ยอมรับว่าเป็นจริง การให้เหตุผลแบบนี้เป็นลักษณะเฉพาะหนึ่งของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และ (2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลในเชิงสถิติและความน่าจะเป็น ซึ่งในปัจจุบันมักมีความสับสนและเข้าใจผิดบ่อยครั้งระหว่างความเป็นไปได้ (Possible) และโอกาสที่น่าจะเกิดขึ้น (Probable) ทำให้หลายคนหลงเชื่อข่าวลวง นอกจากนี้ โลก

ปัจจุบันยังมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นและความซับซ้อนเหล่านั้นประกอบไปด้วยข้อมูลต่าง ๆ จำนวนมาก การทำความเข้าใจกับข้อมูลเหล่านั้นจึงเป็นหนึ่งในความท้าทายที่มนุษย์จะต้องพบเจอในอนาคต ผู้เรียนควรมีโอกาสได้ทำความเข้าใจกับข้อมูลในลักษณะดังกล่าว และการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในบริบทที่มีความแปรผันและไม่แน่นอน

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความเข้าใจหลักในเรื่องต่อไปนี้

- ความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณ ระบบจำนวน และสมบัติ
- การเห็นคุณค่าของการคิดเชิงนามธรรมและการแสดงแทนด้วยสัญลักษณ์
- การมองเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์และข้อกำหนดต่าง ๆ
- การตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่แทนด้วยตัวแปร
- การสร้างและใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อทำให้เห็นสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เช่น สิ่งที่เกิดขึ้นในทางวิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สังคมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ และพฤติกรรมศาสตร์
- ความเข้าใจว่าการแปรผันเป็นแก่นสำคัญของวิชาสถิติ

ความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณ ระบบจำนวน และสมบัติ

ความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณ ระบบจำนวน และสมบัติ ในที่นี้หมายถึงรวมถึงโมโนทัศน์พื้นฐานของจำนวน โครงสร้างของระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน และสมบัติทางพีชคณิตที่มีในระบบจำนวน ผู้เรียนควรเข้าใจว่าเมื่อระบบจำนวนมีขอบเขตกว้างขึ้นจะทำให้สามารถหาคำตอบของสมการที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงได้มากขึ้นไปพร้อมกับการเรียนคณิตศาสตร์ของตนเอง อย่างไรก็ตาม จำนวนต่าง ๆ โดยตัวของมันเองยังใช้ประโยชน์ไม่ได้มากนัก สิ่งที่สามารถนำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ ระบบจำนวน ซึ่งหมายถึงรวมถึงการดำเนินการของจำนวนเหล่านั้น ดังนั้น ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับการดำเนินการของจำนวนจึงเป็นพื้นฐานของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งความรู้ความเข้าใจอย่างรอบด้านเกี่ยวกับปริมาณและระบบจำนวนจะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริงได้

การเห็นคุณค่าของการคิดเชิงนามธรรมและการแสดงแทนด้วยสัญลักษณ์

แนวคิดพื้นฐานของคณิตศาสตร์เกิดจากประสบการณ์ต่าง ๆ ของมนุษย์และความจำเป็นที่ต้องสร้างความสัมพันธ์ กำหนดลำดับเหตุการณ์ และคาดการณ์จากประสบการณ์เหล่านั้น หลายสิ่งในทางคณิตศาสตร์เป็นแบบจำลองของสิ่งที่อยู่ในชีวิตจริง หรืออย่างน้อยก็สะท้อนมุมมองบางด้านของชีวิตจริง การคิดเชิงนามธรรมประกอบด้วย การพิจารณาโครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ แล้วนำมาสร้างเป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเหล่านั้นบนพื้นฐานของโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน สำหรับคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียน การคิดเชิงนามธรรมคือ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่การแทนด้วยสัญลักษณ์และการดำเนินการ รวมถึงอัลกอริทึมและการสร้างแบบจำลองทางความคิด ความสามารถในการคิดเชิงนามธรรมนี้มีบทบาทต่อการทำความเข้าใจความหมายในบริบทที่เป็นนามธรรมของเทคโนโลยี ซึ่งเป็นทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สำคัญทักษะหนึ่ง

ผู้เรียนสามารถใช้การแสดงแทนได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งในรูปแบบข้อความ สัญลักษณ์ กราฟ ตัวเลข เรขาคณิต และการเขียนโปรแกรม เพื่อจัดระบบและสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์ของตนเองการแสดงแทนในรูปแบบต่าง ๆ นี้ ช่วยให้เราสามารถนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่สั้น กระชับ ซึ่งนำไปสู่อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพ การแสดงแทนยังเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถแปลงปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ การเห็นคุณค่าของการคิดเชิงนามธรรมและการแสดงแทนด้วยสัญลักษณ์จะส่งเสริมการให้เหตุผลในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง โดยจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถขยายแนวคิดที่เฉพาะเจาะจงของสถานการณ์หนึ่งไปสู่แนวคิดที่มีลักษณะทั่วไป และสามารถอธิบายสิ่งเหล่านั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การมองเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์และข้อกำหนดต่าง ๆ

โครงสร้างทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์อย่างมากกับการแสดงแทนด้วยสัญลักษณ์ ซึ่งควรใช้เท่าที่จำเป็นเพื่อสื่อความหมายของสัญลักษณ์นั้น การมองเห็นโครงสร้างเป็นวิธีหนึ่งของการค้นหาและจดจำความหมายของการแสดงแทนที่เป็นนามธรรม ความสามารถในการมองเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องช่วยเชิงมโนทัศน์ที่สำคัญอันจะนำไปสู่ความรู้เชิงกระบวนการ ความสามารถในการมองเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์จะส่งเสริมการให้เหตุผลในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง โดยจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ความรู้เกี่ยวกับสถานการณ์หรือปัญหาในบริบทหนึ่งไปใช้กับสถานการณ์หรือปัญหาในอีกบริบทหนึ่งที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน

การตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่แทนด้วยตัวแปร

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่แทนด้วยตัวแปร แสดงได้ด้วยสมการ กราฟ ตาราง หรือข้อความ และขั้นตอนที่สำคัญในการเรียนรู้คือ การแทนความสัมพันธ์ด้วยฟังก์ชันพร้อมโดเมน

และโคโดเมน ตลอดจนการหาผลลัพธ์จากสิ่งที่นำเข้า นอกจากนี้ กราฟของฟังก์ชันยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเปลี่ยนแปลง กราฟจึงเป็นเครื่องมือสำหรับทำความเข้าใจฟังก์ชันซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่แทนด้วยตัวแปร การตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริงจะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลของผู้เรียน โดยทำให้ผู้เรียนมุ่งความสนใจไปที่ความเชื่อมโยงและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสถานการณ์นั้น ๆ

การสร้างและใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อให้เห็นสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

ตัวแบบเป็นการนำเสนอกรอบแนวคิดในอุดมคติของสถานการณ์ในชีวิตจริง ตัวแบบอาจนำเสนอกรอบแนวคิดที่เป็นการประมาณค่าหรือการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ศึกษา หรืออาจนำเสนอรูปอย่างง่ายของสิ่งที่สนใจ ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ถูกสร้างให้อยู่ในรูปภาษาทางคณิตศาสตร์และมีการใช้เครื่องมือและความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย เช่น เลขคณิต พีชคณิต หรือเรขาคณิต โดยใช้สิ่งเหล่านี้ในการกำหนดแนวคิดหรือทฤษฎีของปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อวิเคราะห์และประเมินข้อมูล โดยตรวจสอบว่าตัวแบบนั้นใช้กับข้อมูลที่มีอยู่ได้หรือไม่ และเพื่อสร้างข้อคาดการณ์ นอกจากนี้ เราใช้ตัวแบบเพื่อสร้างสถานการณ์จำลอง โดยสร้างให้ตัวแบบแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หรือด้วยการป้อนข้อมูลที่มีความหลากหลายเข้าไป เมื่อเราสามารถสร้างสถานการณ์จำลองได้ เราจะสามารถสร้างข้อคาดการณ์ ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้น และประเมินความเหมาะสมและความแม่นยำของตัวแบบนั้นได้ ขั้นตอนและกระบวนการสร้างตัวแบบนั้นต้องคำนึงถึงความจำเป็นของตัวแปรเสริมที่มีอยู่ในชีวิตจริงซึ่งมีผลกระทบต่อตัวแบบ การสร้างตัวแบบทั่วไปและตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลของผู้เรียนในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง โดยจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมุ่งความสนใจไปยังสิ่งที่สำคัญที่สุดของสถานการณ์และช่วยจำกัดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจน

ความเข้าใจว่าการแปรผันเป็นแก่นสำคัญของวิชาสถิติ

วิชาสถิติตั้งอยู่บนแนวคิดพื้นฐานเรื่องการจัดการกับความแปรผัน ในปัจจุบันผู้คนต้องจัดการกับสถานการณ์เหล่านี้อยู่เสมอ แต่พวกเขามักจะเพิกเฉยต่อความแปรผัน และผลลัพธ์ที่ตามมาคือ การมองสถานการณ์ในภาพรวมกว้าง ๆ ซึ่งบ่อยครั้งทำให้เกิดความผิดพลาดหรือนำไปสู่ความเข้าใจที่ผิดและอาจก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงได้ ความเอนเอียงที่เกิดขึ้นในทางสังคมศาสตร์มักเกิดจากการละเลยถึงแหล่งที่มาและความสำคัญของความแปรผันในสิ่งที่ศึกษา

สถิติในหลายกรณีเป็นการค้นหารูปแบบในบริบทที่มีความแปรผันสูง หรือเป็นการค้นหา “ความจริง” ซึ่งไม่ใช่ค่าจริงตามความหมายของคณิตศาสตร์ แต่เป็นการหาค่าประมาณในบริบทของ

ความน่าจะเป็นควบลู่ไปกับการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนที่พบในกระบวนการ ในที่สุดแล้ว ผู้ที่ต้องตัดสินใจจะไม่สามารถรู้ได้อย่างแน่นอนว่าค่าจริงดังกล่าวคืออะไร แต่ค่าประมาณที่หามาได้นั้นจะอยู่ในช่วงของค่าที่เป็นไปได้ถ้ากระบวนการดีขึ้นจะทำให้ได้ผลลัพธ์ดีขึ้นด้วย เช่น การใช้ข้อมูลจำนวนมากขึ้น จะช่วยให้ช่วงของค่าที่เป็นไปได้แคบลง แต่ก็ยังหลีกเลี่ยงการได้คำตอบเป็นช่วงไม่ได้ การเข้าใจว่าความแปรผันเป็นแก่นของวิชาสถิติจะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลของผู้เรียนในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง โดยจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เผชิญกับการโต้แย้งโดยอ้างอิงข้อมูลร่วมกับการตระหนักถึงข้อจำกัดของข้อสรุปที่ได้

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 และข้อมูลทางคณิตศาสตร์ให้กับปัญหาในชีวิตจริงนั้น โดยต้องพิจารณาและทำความเข้าใจถึงข้อจำกัดและสมมติฐานต่าง ๆ ในปัญหา กระบวนการในการคิด/แปลงสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์นี้ ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ เช่น

- การเลือกใช้ตัวแบบที่เหมาะสม

- การระดมมุมมองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาที่อยู่ในบริบทของชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ
- การตระหนักรู้ถึงโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ รวมถึงข้อกำหนด ความสัมพันธ์ และแบบรูป ที่อยู่ในปัญหาหรือสถานการณ์
- การจัดการสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายและสะดวกต่อการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ เช่น ใช้วิธีการแยกส่วนประกอบ หรือแบ่งปัญหาใหญ่ให้เป็นปัญหาย่อย
- การระบุข้อจำกัดและสมมติฐาน รวมทั้งการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์
- การแสดงแทนสถานการณ์ด้วยคณิตศาสตร์ โดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพ และตัวแบบที่เหมาะสม
- การแสดงแทนปัญหาในรูปแบบที่แตกต่าง รวมถึงการจัดโครงสร้างปัญหาตามมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม
- ความเข้าใจและการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาในบริบทที่จำเพาะของปัญหากับสัญลักษณ์และภาษาที่เป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการนำเสนอปัญหานั้นในเชิงคณิตศาสตร์
- การแปลงปัญหาให้เป็นภาษาคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทนทางคณิตศาสตร์
- การตระหนักรู้ว่าปัญหาหนึ่ง 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 แต่ละบุคคลต้องแสดง

การดำเนินการตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์และหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อาทิ การคำนวณเบื้องต้น การแก้สมการ การอนุมานด้วยหลักเหตุผลจากสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ การจัดการกับสัญลักษณ์ การพิจารณาเลือกข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากตารางหรือกราฟ การแสดงและการจัดการกับรูปเรขาคณิตสามมิติ และการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นต้น ผู้เรียนต้องดำเนินการกับตัวแบบของสถานการณ์ปัญหา สร้างข้อกำหนด ระบุความเกี่ยวข้องกับสิ่งต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และสร้างข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ กระบวนการในการใช้มโนทัศน์ ข้อเท็จจริง วิธีการ และทำให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา นี้ ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ เช่น

- การแสดงการคำนวณอย่างง่าย
- การสร้างข้อสรุปอย่างง่าย
- การเลือกใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสม
- การออกแบบกลยุทธ์ต่าง ๆ และนำกลยุทธ์เหล่านั้นไปใช้เพื่อหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาคำตอบที่เป็นค่าแน่นอนหรือค่าประมาณ
- การใช้ข้อเท็จจริง กฎ อัลกอริทึม และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบ
- การจัดการกับตัวเลข ข้อมูลและสารสนเทศที่นำเสนอด้วยกราฟและในเชิงสถิติ นิพจน์ และสมการเชิงพีชคณิต 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 ผลลัพธ์ หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ และตีความสิ่งเหล่านี้ในบริบทของปัญหาในชีวิตจริงที่เป็นปัญหาเริ่มต้นได้ รวมถึงการแปลความหมายของวิธีแก้ปัญหาหรือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์กลับไปยังบริบทของปัญหาแล้วพิจารณาว่า ผลลัพธ์ที่ได้นั้นมีความสมเหตุสมผลและมีความหมายในบริบทของปัญหาหรือไม่ การตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นการรวมองค์ประกอบของวัฏจักรการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์สองด้านไว้ด้วยกัน คือ “ตีความ” และ “ประเมิน” บุคคลที่ใช้กระบวนการนี้จะต้องสร้างและสื่อสารคำอธิบายและข้อโต้แย้งในบริบทของปัญหาเริ่มต้น โดยต้องสะท้อนทั้งกระบวนการสร้างตัวแบบและผลลัพธ์ที่ได้มา กระบวนการในการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์นี้ ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ เช่น

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

- การใช้การคิดเชิงคณิตศาสตร์และแนวคิดเชิงคำนวณในการคาดการณ์ การแสดงหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้ง และตรวจสอบและเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้

องค์ประกอบที่ 2 เนื้อหาทางคณิตศาสตร์

ความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ รวมถึงความสามารถที่จะนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้จริงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับพลเมืองในโลกยุคปัจจุบัน นั่นคือ การให้เหตุผลในเชิงคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหา และการตีความสถานการณ์ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับเรื่องส่วนตัว อาชีพ สังคม และวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้ความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์

หมวดหมู่ของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประเมิน 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 เนื่องจากเป็นความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในระบบเศรษฐกิจที่กำลังเกิดขึ้น 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 รวมถึงการสร้าง การตีความ และการแสดงแทนความสัมพันธ์ด้วยสัญลักษณ์และกราฟ

การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์พบได้ในหลายเรื่อง เช่น การเพิ่มจำนวนของสิ่งมีชีวิต รูปแบบของเสียงดนตรี การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลและวัฏจักร แบบแผนของสภาพอากาศ ระดับการจ้างงาน และสภาวะทางเศรษฐกิจ ในมุมมองของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์แบบดั้งเดิม ฟังก์ชันและพีชคณิต หมายถึง นิพจน์พีชคณิต สมการและอสมการ และการแสดงแทนในรูปของตารางและกราฟ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างคำอธิบาย การสร้างตัวแบบ และการตีความปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เครื่องมือเชิงคำนวณช่วยให้เราเห็นภาพและมีปฏิสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ได้ ดังนั้น การรู้ว่าเครื่องมือเชิงคำนวณสามารถเป็นส่วนเสริมและเติมเต็มแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้เมื่อไรและอย่างไร จึงถือว่าเป็นทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สำคัญทักษะหนึ่ง

การทำความเข้าใจภัยอันตรายของสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวน เช่น การแพร่ระบาดของโรคไข้หวัดใหญ่ การแพร่กระจายอย่างรุนแรงของเชื้อแบคทีเรีย และภัยคุกคามของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ต้องใช้ความคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ทั้งความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นและความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพเนนเชียล และยังมีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่นด้วย ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเป็นความสัมพันธ์ที่พบได้ทั่วไป ง่ายต่อการจดจำและเข้าใจ แต่การตั้งสมมติฐานว่าความสัมพันธ์ที่พบเจอนั้นเป็นความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในทันทีอาจทำให้เกิดความผิดพลาดร้ายแรงได้ ตัวอย่างหนึ่งของความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นที่ทุกคนน่าจะเคยใช้คือ การประมาณระยะทางที่เดินทางได้ในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อกำหนดความเร็วของการเดินทางมาให้ แต่ในตัวอย่างเรื่องการแพร่ระบาดของโรคไข้หวัดใหญ่นั้น การใช้ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในการอธิบายปรากฏการณ์นี้อาจจะได้ตัวเลขแสดงจำนวนผู้ป่วยที่ติดเชื่อหลังจากเริ่มการแพร่ระบาดไปแล้ว 5 วัน เป็นจำนวนที่น้อยกว่าจำนวนที่เกิดขึ้นจริงมาก ดังนั้น ความเข้าใจเรื่อง

ความสัมพันธ์ของการเพิ่มจำนวนแบบไม่เป็นเชิงเส้น รวมถึงแบบกำลังสองและแบบเอกซ์โพเนนเชียล และความเข้าใจว่าการติดเชื่อสามารถแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วเพียงใดเมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนผู้ป่วยที่ติดเชื่อเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละวันจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก การแพร่ระบาดของไวรัสซิกาเป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่สำคัญ การรับรู้สถานการณ์นี้เป็นการเพิ่มจำนวนแบบเอกซ์โพเนนเชียลช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์เข้าใจถึงภัยคุกคามที่แฝงตัวอยู่และเตรียมการรับมือได้อย่างทันท่วงที

การกำหนดให้สถานการณ์การเพิ่มจำนวนเป็นจุดเน้นของเนื้อหาในหมวดหมู่การเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์ไม่ได้หมายความว่าผู้เรียนที่เข้าร่วมการประเมินจะต้องมีความรู้เรื่องฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลมาก่อนและข้อสอบไม่ต้องใช้ความรู้เรื่องฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล แต่จะมีข้อสอบที่คาดหวังให้ผู้เรียนต้อง (1) ตระหนักถึงความสัมพันธ์ทุกความสัมพันธ์ไม่ได้เป็นเชิงเส้นเสมอไป (2) รู้ว่าการเพิ่มจำนวนแบบไม่เป็นเชิงเส้นมีความหมายโดยนัยที่เฉพาะและลึกซึ้งต่อความเข้าใจกับบางสถานการณ์ (3) เข้าใจเบื้องต้นในความหมายของการเพิ่มจำนวนแบบเอกซ์โพเนนเชียลว่าเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ปริภูมิและรูปทรง

ปริภูมิและรูปทรงเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือต้องอาศัยจินตนาการ เช่น แบบรูป สมบัติของวัตถุ ตำแหน่งและการกำหนดทิศทาง การแสดงแทนวัตถุต่าง ๆ การเข้ารหัสและถอดรหัสของข้อมูลที่ต้องอาศัยการนิยาม การมีปฏิสัมพันธ์กับรูปร่างต่าง ๆ ทั้งแบบจับต้องได้และแบบที่เป็นการแสดงแทน การเคลื่อนที่ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง และความสามารถในการคาดหวังสิ่งที่จะเกิดขึ้นในปริภูมิ เรขาคณิตเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับเนื้อหาปริภูมิและรูปทรง แต่เนื้อหาในหมวดหมู่นี้ขยายขอบเขตไปกว้างกว่าเนื้อหาสาระของเรขาคณิตทั่วไป ทั้งในแง่เนื้อหา ความหมาย และวิธีการ โดยมีการผนวกองค์ประกอบของคณิตศาสตร์สาขาอื่น ๆ เข้ามาด้วย เช่น การนิยาม การวัด และพีชคณิต

PISA มีสมมติฐานว่า ความเข้าใจแนวคิดและทักษะหลักมีความสำคัญต่อความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับปริภูมิและรูปทรง โดยความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในเนื้อหาปริภูมิและรูปทรงเกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น ความเข้าใจเรื่องมุมมองในการวาดภาพ การสร้างและการอ่านแผนที่ การแปลงทางเรขาคณิตโดยใช้และไม่ใช้เทคโนโลยี การตีความภาพสามมิติจากมุมมองต่าง ๆ และการสร้างรูปต่าง ๆ

โลกทุกวันนี้เต็มไปด้วยสิ่งที่มีรูปหรือทรงแบบต่าง ๆ ไม่ใช่เฉพาะรูปหรือทรงที่มีความสมมาตรหรือมีแบบรูปปกติ เนื่องจากการหาพื้นที่หรือปริมาตรของสิ่งเหล่านี้ไม่สามารถใช้สูตรได้โดยตรง เช่น การหาพื้นที่สำหรับการปูพรมในตึกแห่งหนึ่งซึ่งมีมุมแหลมกับส่วนโค้งแคบ ๆ จะยากกว่าการหาพื้นที่

ของห้องรูปสี่เหลี่ยม ดังนั้น ความเข้าใจในเรื่องการประมาณค่าเชิงเรขาคณิตจึงเป็นสิ่งจำเป็นในโลกยุคปัจจุบัน

การกำหนดให้การประมาณค่าเชิงเรขาคณิตเป็นจุดเน้นของเนื้อหาในหมวดหมู่ปริภูมิและรูปทรงนั้นเป็นการบ่งบอกถึงความจำเป็นสำหรับผู้เรียนที่ต้องสามารถใช้ความเข้าใจในเรื่องของปริภูมิและรูปทรงในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย

ปริมาณ

แนวคิดเกี่ยวกับการแสดงปริมาณต่าง ๆ และการใช้ความรู้เกี่ยวกับปริมาณ ต้องมีความเข้าใจในเรื่องการวัด การนับ ขนาด หน่วยวัด ดัชนี การเปรียบเทียบขนาด และแนวโน้มและแบบรูปเชิงจำนวน นอกจากนี้ การให้เหตุผลเชิงปริมาณ เช่น ความรู้สึกเชิงจำนวน การแสดงแทนจำนวนด้วยวิธีต่าง ๆ ความละเอียดรอบคอบในการคำนวณ การคิดเลขในใจ การประมาณค่า และการประเมินความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ ล้วนเป็นสิ่งจำเป็นของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในเนื้อหาเรื่องปริมาณ

การแสดงปริมาณเป็นวิธีการขั้นพื้นฐานของการอธิบายและการวัดลักษณะต่าง ๆ ที่มีอยู่มากมายในโลก ช่วยให้เราสร้างตัวแบบของสถานการณ์ต่าง ๆ ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ อธิบายและจัดการเกี่ยวกับปริภูมิและรูปทรง จัดการและตีความข้อมูล ตลอดจนวัดและประเมินความไม่แน่นอน ดังนั้น การมีความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ในเนื้อหาปริมาณ จึงเป็นการนำความรู้เรื่องจำนวนและการดำเนินการของจำนวนไปใช้ในบริบทที่หลากหลาย

บางปัญหาที่พบทั้งในคณิตศาสตร์และสถิติไม่สามารถหาคำตอบได้โดยง่าย เนื่องจากต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน หรือเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก หรือเนื่องจากประเด็นด้านจริยธรรมเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตหรือสภาพแวดล้อม ส่งผลให้ในปัจจุบันมีการใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านอัลกอริทึมมาช่วยแก้ปัญหา เราสามารถใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ช่วยทำการคำนวณ โดยเราทำเพียงวางแผน ทำนาย และหาคำตอบของปัญหาโดยใช้ข้อมูลจากตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ ดังนั้น ความเข้าใจในเรื่องการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญในโลกยุคปัจจุบัน

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

ความไม่แน่นอนและข้อมูล

ความแปรผันและความไม่แน่นอนเป็นเรื่องปกติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และชีวิตประจำวัน และเป็นหัวใจของทฤษฎีความน่าจะเป็นและสถิติ เนื้อหาในหมวดหมู่ความไม่แน่นอนและข้อมูลนี้รวมถึงการตระหนักรู้ถึงสถานการณ์ที่มีความแปรผันในชีวิตจริง การมีความรู้สึกเชิงปริมาณของความแปรผันนั้น และการยอมรับถึงความไม่แน่นอนและความคลาดเคลื่อนในการอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังรวมถึงการสร้าง การตีความ และการประเมินข้อสรุปในสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนปรากฏอยู่ ดังนั้น การนำเสนอและการตีความข้อมูลจึงเป็นแนวคิดหลักของเนื้อหาในหมวดหมู่นี้

การคาดการณ์ทางเศรษฐศาสตร์ ผลการสำรวจความคิดเห็น และการพยากรณ์อากาศ สิ่งเหล่านี้ล้วนมีความแปรผันและความไม่แน่นอนปรากฏอยู่ด้วย การแปรผันปรากฏอยู่ในกระบวนการผลิตเชิงอุตสาหกรรม คะแนนสอบ และผลการสำรวจ อีกทั้งการเสียโชคยังเป็นเรื่องพื้นฐานของกิจกรรมสันทนาการที่ผู้คนชื่นชอบ เนื้อหาความน่าจะเป็นและสถิติในหลักสูตรโดยทั่วไปจะให้วิธีการที่เป็นทางการในการอธิบาย การสร้างตัวแบบ และการตีความของปรากฏการณ์บางประเภทที่ความแปรผันมีบทบาทสำคัญ รวมถึงการอนุมานถึงสิ่งที่สอดคล้องกัน นอกจากนี้ ความรู้เรื่องจำนวนและความรู้บางประการเกี่ยวกับพีชคณิต เช่น กราฟ และการแสดงแทนด้วยสัญลักษณ์ ยังช่วยสนับสนุนการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาในหมวดหมู่นี้อีกด้วย

ในทางสถิติ เมื่อมีตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัว ในแต่ละตัวแปรมีความแปรผัน และยังมีความแปรผันร่วมซึ่งบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านั้น ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนี้โดยส่วนใหญ่สามารถแสดงได้ด้วยตารางสองทางซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจแบบมีเงื่อนไข (การอนุมาน) ความคาดหวังของข้อสอบ PISA คือ การที่ผู้เรียนจะสามารถอ่านข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากตารางและมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงความหมายของข้อมูลที่สกัดออกมา

การกำหนดให้การตัดสินใจแบบมีเงื่อนไขเป็นจุดเน้นของเนื้อหาในหมวดหมู่ความไม่แน่นอนและข้อมูลนั้นเป็นการบ่งบอกว่าผู้เรียนควรเข้าใจว่าการกำหนดวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูลในตัวแบบจะมีผลกระทบต่อข้อสรุปที่สามารถสร้างได้ และสมมติฐานหรือความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันอาจส่งผลให้เกิดข้อสรุปที่แตกต่างกันด้วย

องค์ประกอบที่ 3 บริบท

จากนิยามของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์นั้น มีประเด็นสำคัญที่ควรคำนึงถึงในการพัฒนาข้อสอบ PISA อยู่สองประเด็น ได้แก่ ประเด็นที่ 1 ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์เกิดขึ้นในบริบทของชีวิตจริง และประเด็นที่ 2 ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ช่วยให้บุคคลเข้าใจถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลและเหตุผลที่เหมาะสม ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องคิดอย่างไตร่ตรอง สร้างสรรค์ และมีส่วนร่วมต่อสังคมส่วนรวม ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงบริบทในชีวิตจริงและทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่มีผลต่อการพัฒนาข้อสอบ

ประเภทของบริบท

ลักษณะสำคัญประการหนึ่งของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์คือ การใช้คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในบริบทใดบริบทหนึ่ง ซึ่งบริบทคือ มุมมองในชีวิตจริงที่ปัญหาเหล่านั้นถูกกำหนดขึ้นมา ทั้งนี้ การเลือกใช้กลยุทธ์และการแสดงแทนทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมมักจะขึ้นอยู่กับบริบทที่ปัญหานั้นเกิดขึ้น และมีความจำเป็นที่ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับบริบทในชีวิตจริงเพื่อพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ขึ้น ดังนั้น สิ่งสำคัญในการประเมินของ PISA คือ การใช้บริบทที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความเป็นไปได้ที่จะมีบริบทที่สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียนแต่ละคน และสอดคล้องกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้เรียนแต่ละคนจะได้พบเจอในศตวรรษที่ 21

ตามกรอบโครงสร้างการประเมินด้านคณิตศาสตร์ของ PISA 2022 ยังคงจัดประเภทของบริบทออกเป็น 4 กลุ่ม เช่นเดียวกับ PISA 2012 ดังนี้

- **บริบทส่วนตัว (Personal context)** ปัญหาที่จัดอยู่ในบริบทส่วนตัวนี้เน้นที่กิจกรรมของบุคคล ครอบครัว หรือกลุ่มบุคคล เช่น บริบทที่เกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมอาหาร การซื้อสินค้า การเล่นเกม สุขภาพ การเดินทาง กิจกรรมสันทนาการ กีฬา การท่องเที่ยว การจัดตารางเวลา และการเงิน
- **บริบทอาชีพ (Occupational context)** ปัญหาที่จัดอยู่ในบริบททางการงานอาชีพนี้เน้นที่โลกของการทำงาน เช่น บริบทที่เกี่ยวข้องกับการวัด การหาค่าใช้จ่ายและการจัดซื้อวัสดุสำหรับการก่อสร้าง บัญชีเงินเดือนหรือการบัญชี การควบคุมคุณภาพ การจัดตารางงานหรือการจัดทำรายการสินค้า การออกแบบหรืองานสถาปัตยกรรม และการตัดสินใจเกี่ยวกับงานไม่ว่าจะใช้หรือไม่ได้ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม บริบทอาชีพอาจเกี่ยวข้องกับแรงงานในทุกระดับตั้งแต่แรงงานไร้ฝีมือจนถึงแรงงานที่ต้องใช้ความเชี่ยวชาญระดับสูง

- **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 ต้องเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนมีเครื่องมือที่สามารถใช้ปกป้องตัวเองจากการหลอกลวงและการลงข้อสรุปที่กล่าวอ้างว่ามีพื้นฐานมาจากการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 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)

การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ระดับนานาชาติ

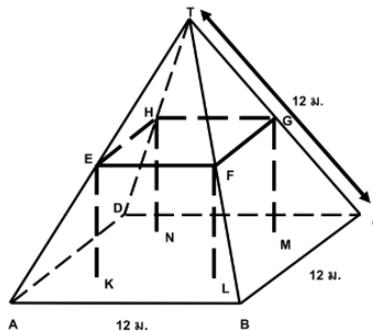
- การคิดเชิงระบบ (Systems thinking)
- การสื่อสาร (Communication)
- การคิดอย่างไตร่ตรอง (Reflection)

ตัวอย่างข้อสอบ PISA

โรงงานหลังหนึ่งมีค้ำคิงเป็นทรงพีระมิด ดังรูป



และข้างล่างเป็นรูปที่ผู้เรียนคณิตศาสตร์ ทำแบบจำลองของหลังคา พร้อมกับบอกระยะกำกับไว้ด้วย



พื้นเพดาน $ABCD$ เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส คานที่รองรับน้ำหนักของค้ำคิงคือขอบของรูปเหลี่ยมทรงตัน $EFGHKL MN$ (ปริซึมรูปสี่เหลี่ยม) E เป็นจุดกึ่งกลางของส่วนของเส้นตรง \overline{AT} จุด F เป็นจุดกึ่งกลางของส่วนของเส้นตรง \overline{BT} จุด G เป็นจุดกึ่งกลางของส่วนของเส้นตรง \overline{CT} จุด H เป็นจุดกึ่งกลางของส่วนของเส้นตรง \overline{DT} สันของพีระมิดทุกด้านยาว 12 เมตรเท่ากัน

คำถามที่ 1

จงคำนวณพื้นเพดาน $ABCD$

พื้นที่ของเพดาน $ABCD = \dots\dots\dots$ ตารางเมตร

คำถามที่ 2

จงคำนวณความยาวของส่วนของเส้นตรง EF

ความยาวของส่วนของเส้นตรง $EF = \dots\dots\dots$ เมตร



ในภาพเป็นรอยเท้าของชายคนหนึ่ง

ความยาวของก้าว (P) คือระยะทางจากรอบขอบสันเท้าหนึ่งไปถึงสันเท้าถัดไป

สำหรับผู้ชาย ความสัมพันธ์ n และ P เป็นไปตามสูตร $\frac{n}{P} = 140$ โดยที่

n แทนจำนวนครั้งของการก้าวในเวลาหนึ่งนาที

P แทน ความยาวของก้าว (หน่วยเป็นเมตร)

คำถามที่ 1

ถ้าใช้สูตรนี้กับการเดินของสมรักษ์ ผู้ซึ่งก้าวเท้าได้ 70 ครั้งในเวลาหนึ่งนาที
ความยาวของก้าว (P) ของสมรักษ์เป็นเท่าไร จงแสดงวิธีทำ

คำถามที่ 2

ภาคภูมิทราบว่าความยาวของก้าวของเขาเป็น 0.80 เมตร
และสามารถใช้สูตรข้างต้นกับการก้าวเท้าของภาคภูมิ
จงแสดงวิธีคำนวณหาอัตราเร็วของการเดินของภาคภูมิเป็นเมตรต่อนาที และเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง

เนื่องด้วยผลการประเมินของ PISA ของประเทศไทยค่อนข้างต่ำ จึงได้มีนักวิชาการศึกษา และวิจัยเกี่ยวกับ PISA เช่น สุทธารัตน์ บุญเลิศ และธัญญา กาสรุณ (2566) ที่ได้พัฒนางานทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับกรอบการประเมินของ PISA เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนางานทางคณิตศาสตร์จำนวน 10 ข้อ และเมื่อนำไปใช้กับผู้เรียนพบว่าส่งผลต่อการพัฒนาทักษะของผู้เรียน พร้อมทั้งได้เสนอแนะว่าผู้สอน หรือนักศึกษาผู้สอน ควรนำงานทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับกรอบการประเมินของ PISA ไปใช้ร่วมกับการสอนที่เน้นการแก้ปัญหา เพื่อส่งเสริมกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียน นอกจากนี้ วิชัย พาณิชย์สวย และคณะ (2564) ได้ศึกษาบทเรียน PISA กระบวนการเรียนรู้

แนวใหม่ที่ส่งเสริมสมรรถนะผู้เรียนระดับประถมศึกษา ซึ่งพบว่า แนวทางการแก้ปัญหาการจัดการศึกษาต้องปรับเปลี่ยนจุดเน้นจากการเรียนรู้จากฐานเนื้อหาไปเป็นสมรรถนะ และผู้สอนไม่ควรเน้นประเมินด้านเนื้อหา แต่ควรให้ความสำคัญกับการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และด้านสถานการณ์หรือบริบทควบคู่กันไป และภัทรมนัส ศรีตระกูล (2563) ได้ศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อโครงการประเมินผลผู้เรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ของประเทศไทย พบว่า ทักษะคิด แรงจูงใจและวิธีการเรียนของผู้เรียน ฐานะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้ปกครอง การรับผู้เรียนเข้าเรียนและการแบ่งกลุ่มผู้เรียนในการเรียน อำนาจอิสระในการบริหารโรงเรียน ปัญหาผู้สอนและวิธีการพัฒนาผู้สอน การบริหารทรัพยากร การเรียน บรรยากาศและพฤติกรรมทางการเรียน ระบบการประกันคุณภาพภายในของโรงเรียน และนโยบายการศึกษาและการบูรณาการระหว่างหน่วยงานในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา

สรุปประจำบทที่ 7

โครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไทยเทียบกับนานาชาติ หรือ TIMSS เป็นโครงการที่สมาคมนานาชาติเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา หรือ IEA ดำเนินการร่วมกับประเทศสมาชิกเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรของผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีกรอบการประเมิน 2 ด้าน ได้แก่ การประเมินเชิงเนื้อหาสาระ และการประเมินเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญา การประเมินเชิงเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ครอบคลุม 3 เรื่อง ได้แก่ จำนวน (Number) เรขาคณิตและการวัด (Geometric Shapes and Measures) และข้อมูล (Data Display) และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ครอบคลุม 4 เรื่อง ได้แก่ จำนวน (Number) พีชคณิต (Algebra) เรขาคณิตและการวัด (Geometry and Measurement) และข้อมูลและโอกาส (Data and Probability) โปรแกรมประเมินสมรรถนะผู้เรียนมาตรฐานสากล หรือ PISA เป็นการประเมินนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยจะประเมินทุก 3 ปี ซึ่งเป็นการประเมิน การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ในส่วนของคณิตศาสตร์จะเป็นการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งครอบคลุม 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และบริบท

คำถามท้ายบทที่ 7

ตอบคำถาม

1. จงอธิบายความสำคัญของโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไทยเทียบกับนานาชาติ
2. จงอธิบายความสำคัญของโปรแกรมประเมินสมรรถนะผู้เรียนมาตรฐานสากล
3. นักศึกษาคิดว่าผลการประเมินโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไทยเทียบกับนานาชาติสามารถนำมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ได้อย่างไรบ้าง
4. นักศึกษาคิดว่าผลการประเมินโปรแกรมประเมินสมรรถนะผู้เรียนมาตรฐานสากลสามารถนำมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ได้อย่างไรบ้าง

อ้างอิง

- ภัทรมนัส ศรีตระกูล. (2563). ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ของประเทศไทย. *วารสารการศึกษาและการพัฒนาสังคม*, 15(2), 213 – 227.
- วิชัย พาณิชย์สวอย, สุมน ไวยบุญญา, พิชรพร ศุภกิจ, และรัตนพร หลวงแก้ว. (2563). บทเรียน PISA: กระบวนการเรียนรู้แนวใหม่ที่ส่งเสริมสมรรถนะผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences)*, 14(4), 157 - 167.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568). *รายงานฉบับสมบูรณ์ของโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (PISA) ของ PISA 2022*.
<https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2022-fullreport/>
- สุทธารัตน์ บุญเลิศ และธัญญา กาสรุณ. (2566). การพัฒนางานทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับกรอบการประเมินของ PISA เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(6), 381 – 392.
- สำนักงานเลขาธิการการศึกษา. (2554). *คู่มือสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหาร ครู และนักเรียน เพื่อเตรียมความพร้อมรองรับการประเมิน ตามโครงการวิจัยนานาชาติ (PISA และ TIMSS)*. บริษัท พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.

บทที่ 8

การใช้ประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์

เมื่อประมาณ 5 – 10 ปีที่แล้วเมื่อผู้สอน ผู้เรียน นักศึกษา หรือบุคคลทั่วไป เมื่อต้องการหาความรู้ คำตอบ หรือข้อมูลต่าง ๆ นิยมใช้ google แต่ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าเทคโนโลยีได้เปลี่ยนแปลงทำให้เกิดโปรแกรมต่าง ๆ ที่จะช่วยให้ทุกคนหาความรู้ หาคำตอบ หรือการทำงานที่ง่ายขึ้น นั่นคือ AI ย่อมาจาก Artificial Intelligence ซึ่งราชบัณฑิต (2562) ได้แปลว่า ปัญญาประดิษฐ์ อันหมายถึง เทคโนโลยีการสร้างเครื่องจักรให้มีคุณลักษณะทางด้านสติปัญญาและความฉลาดเหมือนมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการคิดได้แบบมนุษย์ การกระทำได้แบบมนุษย์ การคิดอย่างมีเหตุผล และการกระทำอย่างมีเหตุผล (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, ม.ป.ป.) และในวงการการศึกษาที่เช่นกัน ได้มีการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการทำงานของครูผู้สอน และบุคลากรทางการศึกษาที่สามารถจัดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น เช่น ChatGPT ที่เป็นตัวช่วยตอบคำถามและสร้างเนื้อหา Kahoot! AI ที่ช่วยเพิ่มความสนุกในห้องเรียน Quizlet ที่ช่วยสร้างบทเรียนและแพลตฟอร์มอัจฉริยะ หรือ Edpuzzle ที่เป็นสื่อการจัดการเรียนรู้แบบโต้ตอบ อย่างไรก็ตามปัญญาประดิษฐ์เหล่านี้จะเป็นตัวช่วย แต่ผู้สอนหรือบุคลากรก็ต้องมีโมโนทัศน์ หรือความรู้ที่ถูกต้อง และสามารถนำปัญญาประดิษฐ์เหล่านี้ไปถ่ายทอดหรือประยุกต์ให้เกิดประโยชน์กับผู้เรียน

The Active (2568) อธิบายว่า จนถึงตอนนี้เราต้องยอมรับว่า AI กับวงการศึกษากลายมาเป็นสิ่งที่สังคมไทยไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ โดยเฉพาะในยุคที่ต้นทุนการเข้าถึงเทคโนโลยีนั้นถูกลง ทั้งนี้เมื่อฟังจากความเห็นของนักวิชาการด้านการศึกษาทั้งสองคนแล้ว จะพบว่า โรงเรียนและมหาวิทยาลัยทั้งในระดับโลกและในประเทศไทย ไม่ได้ต่อต้านการใช้ AI ในห้องเรียน ตรงกันข้ามพวกเขากลับมองเห็นศักยภาพของ AI ที่จะช่วยพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนและผู้สอน แต่หากเรียบเรียงจากหลายกรณีศึกษาที่ยกมานั้น สิ่งจำเป็นในการใช้ AI คือ การรู้เท่าทัน AI (AI literacy) เพราะการรู้เท่าทัน AI คือ ความสามารถในการเข้าใจข้อจำกัดของ AI ที่สามารถประเมินคุณภาพของข้อมูลที่เรารับรู้ว่ามี ความน่าเชื่อถือเพียงใดและควรนำไปใช้ต่อหรือไม่ โดยเฉพาะหากเป็นข้อมูลที่อาจจะสร้างผลกระทบ ต่อสังคม เช่น ข้อมูลทางการแพทย์

AI literacy สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ด้าน หลัก ๆ ดังนี้

- เข้าใจการทำงานของ AI ว่า AI ประเภทที่กำลังจะใช้งาน มีวิธีการทำงานอย่างไร
- รู้จักหลักการการใช้งานและการสร้างสรรค์ผลงาน โดยการป้อนคำสั่งที่ถูกต้อง เพราะหากป้อนคำสั่งผิด ผลลัพธ์ที่ได้มานั้นอาจจะไม่ตรงกับความเป็นจริง และเสี่ยงต่อความคลาดเคลื่อนของข้อมูล

- การประเมินและตั้งคำถามกับสิ่งที่ได้ จาก AI เพราะต้องไม่ลืมว่า AI ใช้ข้อมูลที่มีมนุษย์ป้อนให้ ซึ่งมนุษย์นั้นย่อมมีอคติในการเลือกใช้อ้างอิง ดังนั้นเมื่อได้ข้อมูลมาแล้ว ผู้ใช้งานจึงต้องตรวจสอบสิ่งที่ได้รับมาทุกครั้ง รวมถึงการตรวจสอบข้อมูลจากหลายแหล่ง
- ด้านจริยธรรมและความรับผิดชอบ ซึ่งเป็นข้อที่สำคัญที่สุด เพราะการใช้ AI หากขาดความรับผิดชอบ ก็อาจจะนำไปใช้โง่งในการสอบ หรือทุจริตในทางวิชาการได้

อธิป เกตุศิริ และคณะ (2568) ได้อธิบายว่าปัญญาประดิษฐ์มีข้อดีหลายประการ เช่น ช่วยสนับสนุนผู้สอนในด้านการประเมินผลและการตอบคำถามซ้ำซาก ลดภาระการทำงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับ การพัฒนาทักษะการสอน ช่วยติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน ช่วยให้ผู้สอนสามารถให้คำแนะนำที่แม่นยำและปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคลได้ อีกทั้งปัญญาประดิษฐ์ยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการสอน และการตัดสินใจในการบริหารจัดการการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามผลกระทบจากการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษาไม่ได้มีเพียงด้านบวกเท่านั้น ยังมีความท้าทายและผลกระทบในเชิงลบที่ต้องพิจารณา เช่น ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล การเกิดอคติจากอัลกอริธึมที่อาจมีผลกระทบต่อ การประเมินผู้เรียน และการลดบทบาทของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาทักษะทางสังคมและ อารมณ์ของผู้เรียน อีกทั้งยังมีความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีที่อาจทำให้เกิดช่องว่างในการศึกษาระหว่างผู้เรียนในพื้นที่ที่ขาดแคลนทรัพยากร การใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษา จึงจำเป็นต้องได้รับการออกแบบและการควบคุมอย่างระมัดระวัง เพื่อให้การนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาใช้สามารถสร้างประโยชน์สูงสุดและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ และปัญญาประดิษฐ์จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยเสริมสร้างการพัฒนาการศึกษาและผู้เรียน แต่การใช้งานต้องมีความรับผิดชอบเพื่อให้สามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ที่เป็นประโยชน์อย่างยั่งยืน

สำหรับบทนี้จะนำเสนอปัญญาประดิษฐ์ที่ช่วยในการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการนำปัญญาประดิษฐ์ หรือ AI ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยจะกล่าวถึง ChatGPT และ Gemini เพราะเป็น AI ที่นิยมใช้ และสามารถใช้ได้ฟรี ก่อนที่จะมีการใช้ AI ในการช่วยสร้างข้อสอบนั้น ผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้

1. ศึกษามาตรฐาน ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ (จุดประสงค์นำทาง หรือจุดประสงค์ปลายทาง) และเนื้อหาที่กำลังจัดการเรียนรู้
2. สร้างแผนผังข้อสอบ (Test Blueprint) ว่าต้องการข้อสอบแบบใด และแต่ละชนิดจำนวนเท่าใด

3. ศึกษาการใช้ ChatGPT หรือ Gemini โดยเฉพาะ คำสั่ง หรือ Prompt ที่สามารถใช้งานได้จริง ประหยัดเวลา Prompt ที่ดีต้องระบุผลลัพธ์ มี 3 ส่วนหลัก คือ 1) บริบท (Context) ที่ทำให้ AI รู้ว่าต้องการให้มันเป็น “ใคร” หรือ “เข้าใจบทบาทอะไร” เช่น จำลองตัวเองเป็นผู้สอนสอนวิชาคณิตศาสตร์ 2) ภาระงาน (Task) หรือสิ่งที่ต้องการให้ทำ ต้องระบุสิ่งที่อยากให้ AI ทำให้ชัดเจน เช่น ออกแบบข้อสอบชนิดเขียนตอบก็ข้อ หรือข้อสอบเลือกตอบก็ข้อ และ 3) รายละเอียดเพิ่มเติม (Requirement / Style) เช่น กำหนดตัวชี้วัด หรือระดับชั้น นอกจากนี้ อรุณรัตน์ วิไลรัตนกุล (2568) อธิบายว่า ผู้ใช้งานจะต้องใช้คำสั่งชัดเจน ระบุรูปแบบผลลัพธ์ กำหนดความยาว เล่าบทบาท ขอบอ้างอิง ต่อยอดคำถาม และทดสอบปรับปรุง เพื่อให้ AI สร้างผลลัพธ์ที่ตรง ความต้องการ การระบุรูปแบบ และกำหนดความยาวช่วยควบคุมข้อมูล การเล่าบทบาทและขอบอ้างอิงเพิ่มความ น่าเชื่อถือ การต่อยอดคำถามและทดสอบปรับปรุงช่วยให้ได้ข้อมูลเชิงลึกและผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

4. เมื่อได้ข้อสอบตามที่ต้องการ ผู้สอนหรือนักศึกษาต้องอ่าน และทำความเข้าใจข้อสอบนั้น ในประเด็นต่าง ๆ เช่น ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ การภาษาที่ใช้ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์ ความยากง่าย หรือการนำสถานการณ์จริงมาใช้ ตลอดจนตัวเลือกที่เป็นไปได้ที่ผู้เรียนจะเลือก

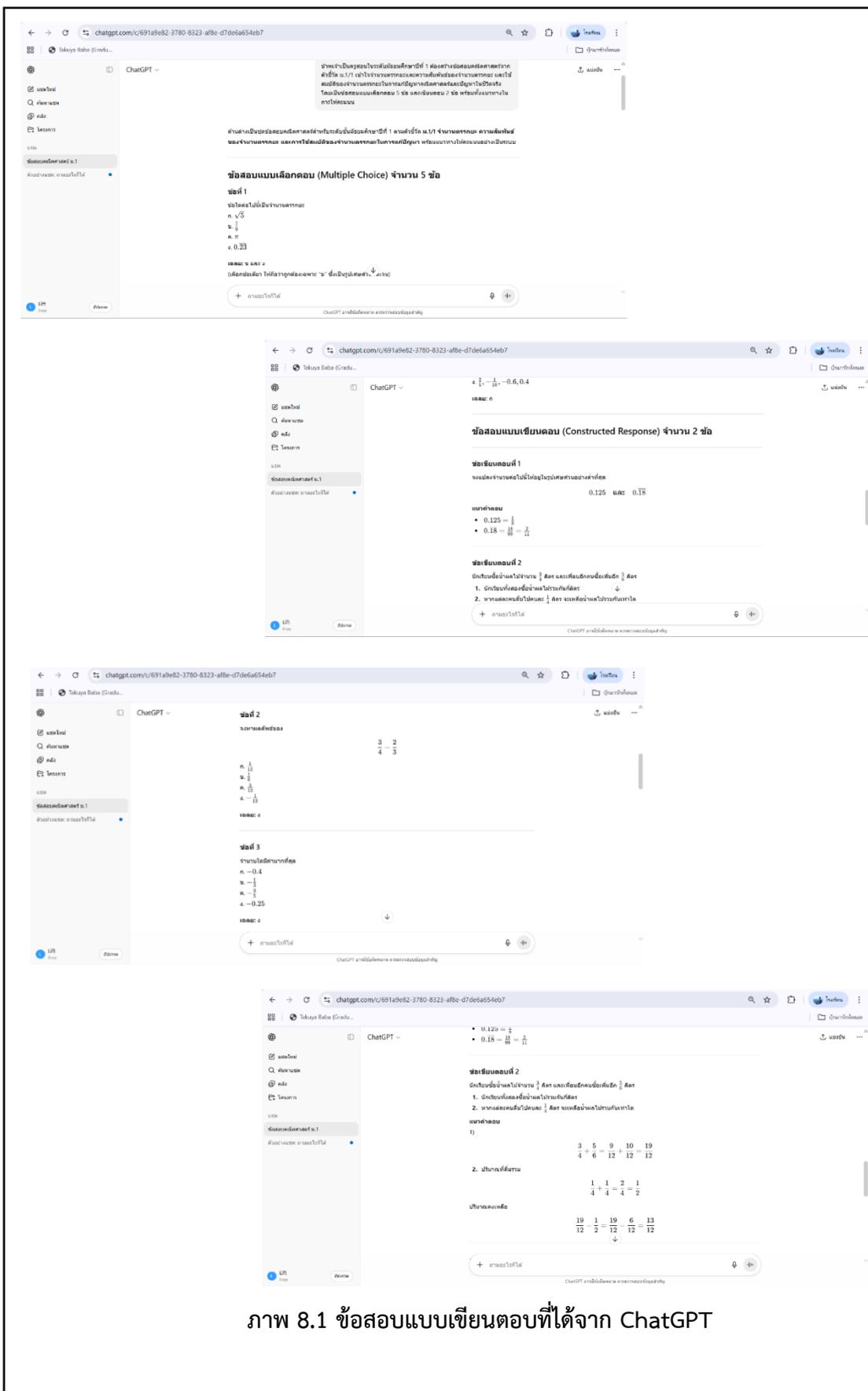
5. นำข้อสอบที่ได้มาจัดพิมพ์ และให้เพื่อนร่วมงาน หรือผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตรวจสอบ เพื่อความสมบูรณ์

ChatGPT

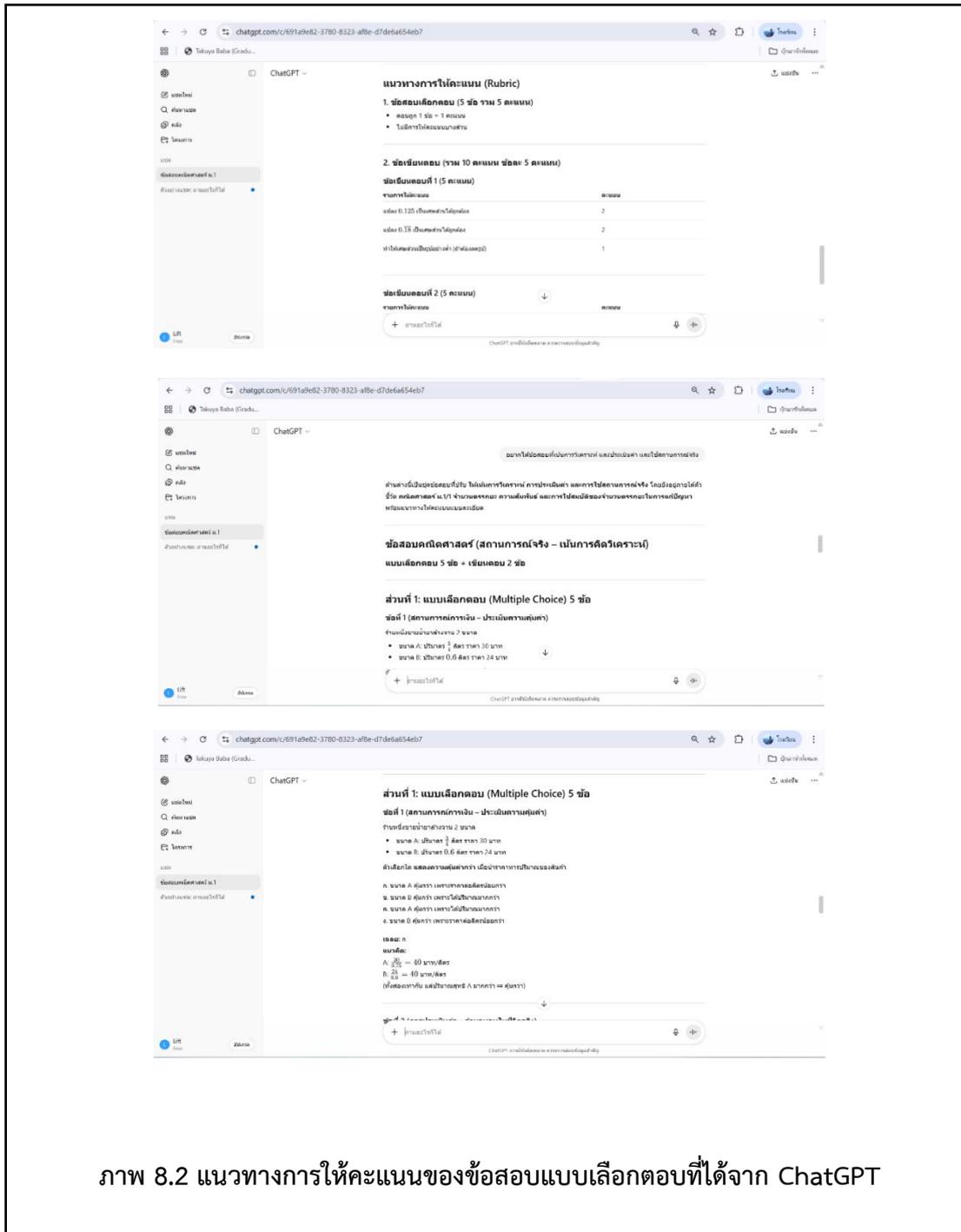
Chat GPT หรือ Generative Pretrained Transformer คือ AI Chatbot หรือปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถสื่อสารผ่านข้อความกับมนุษย์ได้อย่างเป็นธรรมชาติ โดยใช้หลักการประมวลผลภาษาธรรมชาติ พัฒนาขึ้นโดยบริษัท OpenAI ที่ได้รับการสนับสนุนจาก Elon Musk และ Microsoft (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, ม.ป.ป)

เชมณัฐ มิ่งศิริธรรม (2566) ได้อธิบายว่า ChatGPT เป็นเครื่องมือที่น่าสนใจสำหรับการศึกษ เนื่องจากความสามารถที่หลากหลาย สามารถเรียกใช้งานได้ผ่านเว็บไซต์ที่มีบริการ สร้างความสะดวกในการค้นหาข้อมูล รวมถึงเป็นผู้ช่วยที่ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้สอนที่จะนำข้อมูลที่ได้รับมาช่วยแก้ปัญหา เพิ่มประสิทธิภาพการสอนและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจของผู้เรียน เช่น ช่วยในการปรับแนวทางการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน ช่วยในการปรับแนวทางการสอนให้เหมาะสมกับรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน ช่วยในการสร้างแบบทดสอบ ช่วยให้ผู้สอนสามารถสร้างคำถามและคำตอบจากเนื้อหา หน่วยการเรียนรู้ เพื่อช่วยลดเวลาในการออกข้อสอบของผู้สอน ช่วยในการสร้างสื่อการสอนช่วยในการสร้างสื่อการสอน ช่วยหาคำตอบสำหรับ

การแก้ปัญหาในการทำงานสามารถ ช่วยแก้ปัญหาและคำถามเกี่ยวกับการใช้งานทั่วไป และช่วยแปลภาษา ChatGPT สามารถช่วยในการแปลภาษาที่ผู้ใช้งานต้องการได้ง่ายขึ้น โดยการแปลภาษาของ ChatGPT สามารถเลือกภาษาที่ต้องการแปลและใช้โทนภาษาตามที่ต้องการ ผู้ใช้ระบุเงื่อนไขตามต้องการได้ เช่น ภาษาทางการ กึ่งทางการ หรือเป็นกันเอง เป็นต้น



ภาพ 8.1 ข้อสอบแบบเขียนตอบที่ได้จาก ChatGPT



ภาพ 8.2 แนวทางการให้คะแนนของข้อสอบแบบเลือกตอบที่ได้จาก ChatGPT

ถึงแม้ว่า ChatGPT จะมีข้อดีแต่ยังไม่สามารถทำหน้าที่แทนบทเรียนและหน้าที่ของผู้สอนได้ทั้งหมด ผู้สอนสามารถเลือกใช้ศักยภาพความฉลาดเฉลียวของ ChatGPT มาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นตัวช่วยในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการจัดการความรู้เพื่อถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้เกิดทักษะการเรียนรู้ที่กว้างไกลขึ้น สำหรับข้อควรระวังในการนำ ChatGPT สามารถสรุปได้ดังนี้ (นิตยา รักสุภา, 2566; ธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว, 2566)

การใช้ประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์

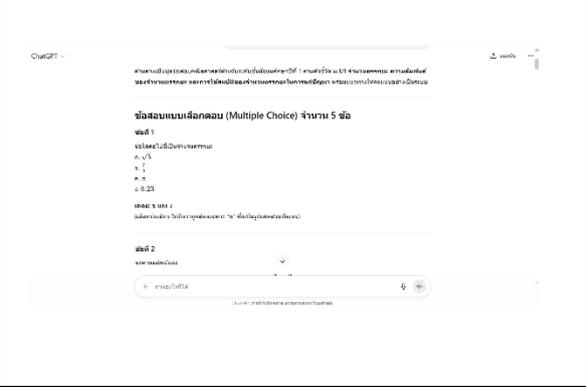
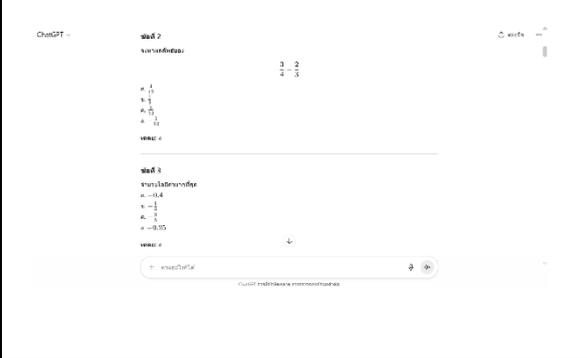
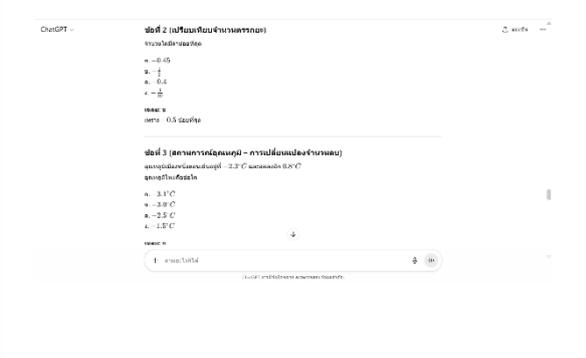
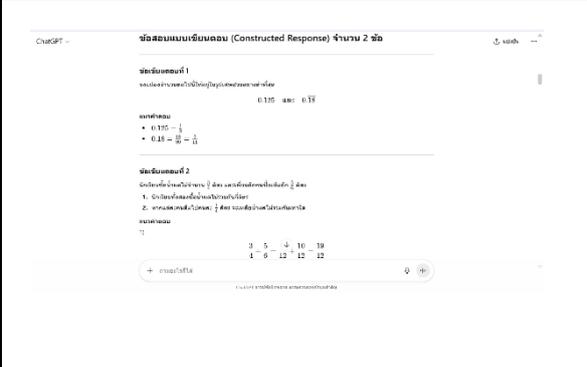
1. ความถูกต้องของคำตอบ แม้ว่า ChatGPT จะถูกสร้างขึ้นด้วยการเรียนรู้และส่งเสริมการเรียนรู้จากข้อมูลจำนวนมาก แต่คำตอบที่ได้จาก ChatGPT อาจไม่เป็นคำตอบที่ถูกต้องเสมอไป

2. การเข้าใจภาษาทางวิชาการ ChatGPT มีความสามารถในการเข้าใจภาษาทางวิชาการที่มีความซับซ้อนไม่เท่ากับมนุษย์ ทำให้อาจมีการเข้าใจคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ที่มีผู้ใช้และนำไปเผยแพร่บนโลกออนไลน์ ซึ่งอาจมีการใช้ภาษาที่ไม่ถูก เมื่อ ChatGPT ประมวลผลก็เกิดความเข้าใจว่าเป็นภาษาที่ต้องการ

3. ผู้สอนเป็นผู้ที่รู้จักผู้เรียนของตัวเองดีที่สุด ดังนั้นหลังจากที่ได้ข้อสอบจาก ChatGPT ควรทบทวนข้อสอบ และคำตอบ คิดวิเคราะห์ว่าข้อสอบ และคำตอบที่ได้รับนั้นเหมาะสมหรือไม่ แล้วค่อยนำไปปรับใช้ในบริบทการจัดการเรียนรู้กับผู้เรียนของตนเอง

4. ผู้สอนควรมีการตรวจสอบโดยใช้คำสั่งเดิมมากกว่าหนึ่งครั้ง แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาพิจารณาจากการใช้คำสั่งเดิม 2 ครั้ง ซึ่งเมื่อทดลองใช้คำสั่งเดิม 2 ครั้ง โดยมีระยะห่างกัน 2 สัปดาห์ ปรากฏว่าผลที่ได้มีความแตกต่างกัน ดังตาราง 9.1

ตาราง 9.1 เปรียบเทียบข้อสอบจากการใช้คำสั่งเดิมของ ChatGPT 2 ครั้ง

ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
	
	
	

Gemini

Gemini คือ AI แขนงบอทจากบริษัท Google ที่ถูกพัฒนาให้เป็นผู้ช่วยอัจฉริยะสำหรับการทำงาน การค้นหาข้อมูล และการใช้ชีวิตประจำวัน โดยเวอร์ชันฟรีในปี 2025 นี้ใช้โมเดล Gemini 2.5 Flash ซึ่งสามารถสื่อสารภาษาไทยได้อย่างยอดเยี่ยม และเชื่อมต่อกับบริการต่าง ๆ ของ Google เช่น Search Maps YouTube และอื่น ๆ ได้อย่างลื่นไหล จุดเด่นสำคัญของ Gemini คือความสามารถในการดึงข้อมูลล่าสุดจากอินเทอร์เน็ตมาตอบได้อย่างรวดเร็วและใกล้เคียงเรียลไทม์ ทำให้เหมาะกับการใช้งาน

ที่ต้องการความสดใหม่ เช่น หาข่าว ค้นหาสูตรอาหาร หรือวางแผนท่องเที่ยว เป็นตัวช่วยที่สมบูรณ์แบบสำหรับผู้ที่คุ้นเคยกับการใช้ Google อยู่แล้ว และต้องการให้ AI เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในชีวิตประจำวัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2568)

The image displays three sequential screenshots of the Gemini AI interface, illustrating its capabilities in solving mathematical problems. Each screenshot shows a list of questions and the AI's corresponding solution.

Screenshot 1: Question List

- ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับ จำนวนตรรกยะ? A. จำนวนตรรกยะคือจำนวนที่เป็นไปได้ในรูปแบบส่วน $\frac{p}{q}$ เมื่อ q ไม่เป็นจำนวนเต็มใดๆ B. จำนวนตรรกยะคือจำนวนที่เขียนได้โดยเศษส่วน $\frac{p}{q}$ เมื่อ q เป็นจำนวนเต็มใดๆ และ q เป็นจำนวนเต็มที่ไม่ใช่ศูนย์ C. จำนวนตรรกยะประกอบด้วยจำนวนเต็มบวกและศูนย์เท่านั้น D. จำนวนตรรกยะคือจำนวนที่เป็นจำนวนเต็ม
- ข้อใดเป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตของจำนวน? A. $\frac{3}{4} < 0.6$ B. $-2.5 > -\frac{3}{4}$ C. $1\frac{1}{2} = 1.2$ D. $-\frac{3}{2} > -0.8$
- จงหาค่าของ $(-\frac{3}{4}) \times (10 - \frac{1}{2})$ โดยใช้สมบัติการแจกแจง (Distributive Property) A. $-4 - \frac{3}{4}$ B. $-4 + 2$ C. $-4 + \frac{3}{4}$ D. $-4 - 2$
- แก้หาค่าของ $(-1.2) \div 0.3 + (\frac{3}{4} - \frac{2}{3})$ คูณกับ A. -3.75 B. -4.25 C. -3.5 D. -4.5
- โจทย์ปัญหาในชีวิตจริง: คุณแม่มีเงิน $\frac{3}{4}$ ดอลลาร์ ต้องการซื้อสินค้า 4 ชิ้น แต่ละชิ้นราคา $\frac{1}{4}$ ดอลลาร์และ $\frac{1}{8}$ ดอลลาร์ มีเงินกี่ดอลลาร์? A. $\frac{3}{4}$ ดอลลาร์ B. $\frac{1}{2}$ ดอลลาร์ C. $\frac{1}{4}$ ดอลลาร์ D. $\frac{1}{8}$ ดอลลาร์

Screenshot 2: Solution for Question 2

ส่วนที่ 2: ข้อสอบแบบเขียนตอบ (2 ข้อ: 8 คะแนน)
คำชี้แจง: จงแสดงวิธีทำอย่างละเอียดและระบุคำตอบ (ข้อละ 4 คะแนน)

ข้อ 6: การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (4 คะแนน) จงหาค่าของ $2.5 \times (-\frac{1}{5}) + (\frac{3}{8} - \frac{1}{4}) \div \frac{1}{2}$ และแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

ข้อ 7: โจทย์ปัญหาในชีวิตจริง (4 คะแนน) นายแม่มีเงินเดิมทีคือ 15 $\frac{1}{4}$ ดอลลาร์ คิดจะเอาเงินไปซื้อของที่ร้านได้เป็นปริมาณ $\frac{3}{4}$ ของปริมาณที่ซื้อทั้งหมด และเหลือเงิน 5.5 ดอลลาร์ จำนวนเงินแม่มีเงินกี่ดอลลาร์ และเขียนคำตอบในรูปแบบเศษส่วน

แนวทางในการให้คะแนนและเฉลย

ส่วนที่ 1: ข้อสอบแบบเลือกตอบ (5 ข้อ)

ข้อที่	คำตอบที่ถูกต้อง	คะแนน
1	B	1
2	B	1

Screenshot 3: Solution for Question 6

ข้อ 6: การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (4 คะแนน)
แนวคิด: ใช้หลักการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (PEMDAS/BODMAS)

$$2.5 \times (-\frac{1}{5}) + (\frac{3}{8} - \frac{1}{4}) \div \frac{1}{2}$$

1. คำนวณพจน์แรก (การคูณ):

$$2.5 \times (-\frac{1}{5}) = \frac{5}{2} \times (-\frac{1}{5}) = -\frac{30}{10} = -3$$

2. คำนวณวงเล็บที่ติดกัน (การลบ):

$$\frac{3}{8} - \frac{1}{4} = \frac{3}{8} - \frac{2}{8} = \frac{1}{8}$$

3. คำนวณพจน์ที่สอง (การหาร):

$$\frac{1}{8} \div \frac{1}{2} = \frac{1}{8} \times \frac{2}{1} = \frac{2}{8} = \frac{1}{4}$$

ภาพ 8.3 ข้อสอบแบบเขียนตอบที่ได้จาก Gemini

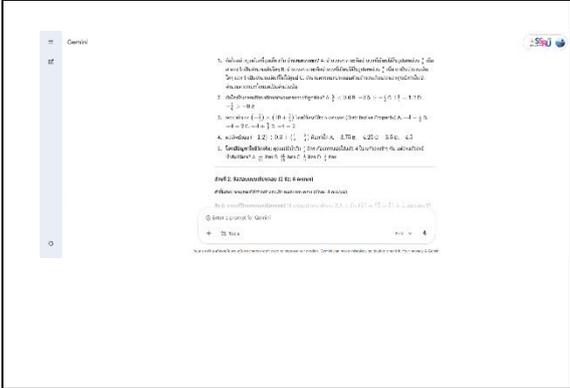
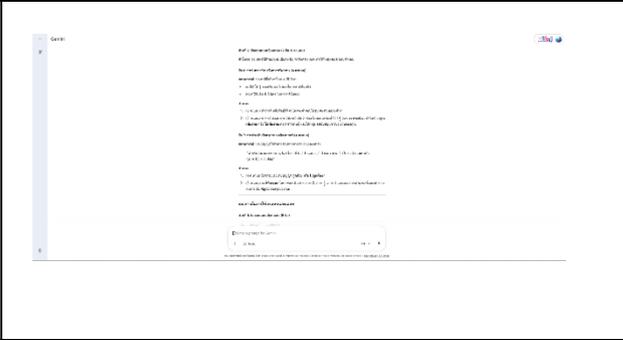
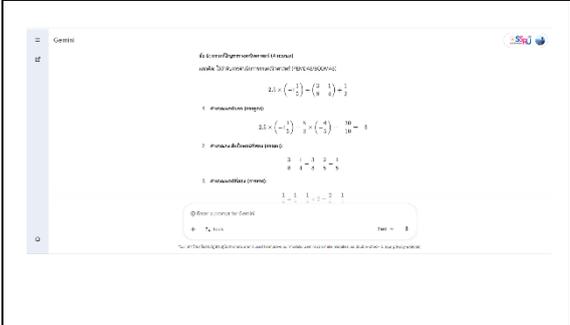
สำหรับข้อควรระวังของ Gemini สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความถูกต้องของข้อมูล Gemini ได้รับการฝึกฝนจากข้อมูลจำนวนมาก แต่ข้อมูลบางส่วนอาจไม่ถูกต้องหรือไม่เป็นปัจจุบัน ดังนั้น ควรตรวจสอบข้อมูลที่รับจาก Gemini อีกครั้ง โดยเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงที่สำคัญ เช่น บทนิยามทางคณิตศาสตร์ หรือข้อตกลงทางคณิตศาสตร์

2. ความเป็นส่วนตัวผู้ใช้ควรระมัดระวังในการป้อนข้อมูลส่วนตัวหรือข้อมูลที่เป็นความลับลงใน Gemini เนื่องจากข้อมูลเหล่านี้อาจถูกใช้ในการปรับปรุงโมเดล เช่น การใช้คำสั่งให้ถอดรหัสและประเมินผลคณิตศาสตร์ที่ต้องเป็นความลับ หรือห้ามเผยแพร่

3. เช่นเดียวกับการใช้ ChatGPT ควรมีการใช้คำสั่งซ้ำอย่างน้อย 2 ครั้ง เพื่อตรวจสอบเพราะผลลัพธ์ หรือสอดคล้องกับความต้องการ ดังตาราง 8.2

ตาราง 8.2 เปรียบเทียบข้อสอบจากการใช้คำสั่งเดิมของ Gemini 2 ครั้ง

ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
	
	
	

คำแนะนำสำหรับการนำ AI ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ผู้สอนต้องตระหนักเสมอว่าการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญ ความรู้ หรือมโนทัศน์ต่าง ๆ ที่ถูกต้อง ผู้สอนยังเป็นผู้รู้ และสามารถถ่ายทอดให้กับผู้เรียนอย่างเชี่ยวชาญ ซึ่ง AI เป็นแค่ตัวช่วย ไม่สามารถเข้ามาแทนที่ผู้สอนได้ เพราะ AI ขาดความรู้สึกทางอารมณ์ และไม่สามารถเข้าใจถึงบริบทของห้องเรียน สังคมได้ ที่สำคัญ AI ไม่สามารถจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนใช้ชีวิตในสังคมได้อีกด้วย แต่ AI สามารถเป็นตัวจำลองสังคมให้กับเด็กได้ สิ่งที่คุณสอนค่านึงตามมาก็คือ การเข้าถึงโอกาส เป็นส่วนสำคัญของการศึกษาในยุคใหม่ ซึ่ง AI จะช่วยลดช่องว่างระหว่างความสามารถการเรียนรู้ และภูมิหลังได้ด้วยการใช้เทคโนโลยี ซึ่งสามารถมอบโอกาสทางการศึกษาที่มีความเท่าเทียมกันให้แก่ผู้เรียนทุกคน รวมไปถึงผู้ที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน หรือผู้ที่พูดได้หลายภาษา เทคโนโลยี AI ก็ยังสามารถแปลงเสียงพูดเป็นข้อความได้อัตโนมัติ ผู้เรียน

สามารถเข้าใจบทเรียนได้ง่าย โดยที่ไม่ต้องคำนึงถึงสำเนียง หรือการออกเสียงของผู้สอน เช่น เครื่องมืออย่าง Braina เป็นต้น และสุดท้าย สิ่งสำคัญที่สุด คือ เป้าหมายการเรียนรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทักษะไหนจากบทเรียน ทำให้ผู้สอนเองก็จำเป็นต้องมีความรู้เรื่องการใช้ AI อย่างถูกวิธี และใช้ AI เป็นเครื่องมือให้ผู้เรียนไปถึงเป้าหมายนั้น

สรุปบทเรียนที่ 8

ปัจจุบัน ปัญญาประดิษฐ์ หรือ AI เข้ามามีบทบาทในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งปัญญาประดิษฐ์เป็นเทคโนโลยีการสร้างเครื่องจักรให้มีคุณลักษณะทางด้านสติปัญญา และความฉลาดเหมือนมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการคิดได้แบบมนุษย์ การกระทำได้แบบมนุษย์ การคิดอย่างมีเหตุผล และการกระทำอย่างมีเหตุผล ปัญญาประดิษฐ์ที่ผู้สอนมักใช้งานได้แก่ Chat GPT หรือ Generative Pretrained Transformer คือ AI Chatbot หรือปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถสื่อสารผ่านข้อความกับมนุษย์ได้อย่างเป็นธรรมชาติ โดยใช้หลักการประมวลผลภาษาธรรมชาติ และ Gemini คือ AI แชทบอทจากบริษัท Google ที่ถูกพัฒนาให้เป็นผู้ช่วยอัจฉริยะสำหรับการทำงาน การค้นหาข้อมูล และการใช้ชีวิตประจำวัน โดยการใช้งานปัญญาประดิษฐ์ทั้งสอง ผู้สอนควรใช้คำสั่ง หรือ Prompt ที่สามารถใช้งานได้จริง ประหยัดเวลา Prompt ที่ดีต้องระบุผลลัพธ์ มี 3 ส่วนหลัก คือ บริบท (Context) ที่ทำให้ AI รู้ว่าต้องการให้มันเป็น “ใคร” หรือ “เข้าใจบทบาทอะไร” ภาระงาน (Task) หรือสิ่งที่ต้องการให้ทำ ต้องระบุสิ่งที่อยากให้ AI ทำให้ชัดเจน และ 3) รายละเอียดเพิ่มเติม (Requirement / Style)

คำถามท้ายบทที่ 8

ตอบคำถาม

1. จงอธิบายความสำคัญของการนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบข้อสอบ
2. ให้นักศึกษาเลือกตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และใช้ ChatGPT และ Gemini ออกแบบข้อสอบอย่างละ 10 ข้อ พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อสอบจากทั้ง 2 โปรแกรม
3. นักศึกษาคิดว่าในอนาคต การออกแบบข้อสอบโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์จะมีผลกระทบ หรือสร้างการเปลี่ยนแปลงอย่างไรในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์

อ้างอิง

- เขมณัฏฐ์ มิ่งศิริธรรม. (2566). ChatGPT กับการศึกษายุคดิจิทัล. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 15(2), 1 – 10.
- ธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว. (2566). *เทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรมการเรียนรู้*. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- นิตยา รักสุภา. (2566). ChatGPT: ผู้ช่วย AI สำหรับครูยุคใหม่.
<https://www.adpt.news/2023/09/07/chatgpt-as-teaching-aid/>
- ราชบัณฑิตยสภา. (2562). *ศัพท์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสาร สนเทศ*. www.royin.go.th
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568). *มือใหม่ใช้ AI ฟรี ไม่ต้องเสียเงิน! เปรียบเทียบ ChatGPT และ Gemini ฉบับปลายปี 2025*.
<https://www.ipst.ac.th/news/105750/gpt-gemini.html>
- อธิป เกตุศิริ, ญัฐยา เกตุศิริ, ศุภชัย เส้นเกษ, และวารุณี เรียนรู้. (2568). การใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21. *วารสารนวัตกรรมการวิจัยเพื่อสังคม*, 1(1), 44–51.
- อรุณรัตน์ วิไลรัตน์กุล. (2568). แนวทางการใช้ปัญญาประดิษฐ์ Gemini ในการสร้างสรรค์สื่อการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 . *วารสารวิรุฬห์ศาสตร์ปริทัศน์*, 1(1), 23–33.
- The Active. (2568). ปัญญาประดิษฐ์ (AI) : เทคโนโลยีอัจฉริยะแห่งยุค หรือภัยคุกคามการศึกษา ?.
<https://theactive.thaipbs.or.th/read/ai-literacy-in-teaching-and-learning>

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กมลทิพย์ ฐูปคำ. (2565). การสร้างแบบสอบวินิฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง ลำดับ และอนุกรม โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ (การค้นคว้าอิสระปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).

[https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/6546/3/KamonthipThupkham.p df](https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/6546/3/KamonthipThupkham.pdf)

ขวัญชนก กิจเฮาว์ และไอริน ชุ่มเมืองเย็น. (2565). การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิต ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 5(3), 144-154.

เขมณัฐ มิ่งศิริธรรม. (2566). ChatGPT กับการศึกษายุคดิจิทัล. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย, 15(2), 1 – 10.

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564). รายงานผลการประเมินคุณภาพผู้เรียน (NT) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2564. www.nkp2.go.th/wp-content/uploads/2022/05/รายงานการ_ประเมินคุณภาพผู้เรียน-NT-ปีการศึกษา.pdf

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2566). ตัวชี้วัดระหว่างทางและตัวชี้วัดปลายทาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตัวชี้วัดระหว่างทางตัวชี้วัดปลายทาง และเกณฑ์การตัดสินผลการเรียน. https://www.dla.go.th/upload/document/type2/2023/7/29603_1_1688546026764.pdf?time=1690799701366

จุไรรัตน์ ปิงผลพูล. (2555). การพัฒนาผลการเรียนรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงาน (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร).

http://www.thapra.lib.su.ac.th/thesis/showthesis_th.asp?id=0000008886

จินตนา ดิยะรังษิณกุล (2555). การศึกษานโยบายการพัฒนาระบบการทดสอบทางการศึกษา ระดับชาติ. <http://www.thaiedresearch.org/home/paperview/636>

- ราชบัณฑิตยสถาน. (2556). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554*. ราชบัณฑิตยสถาน.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2562). *ศัพท์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสาร สนเทศ*. www.royin.go.th
- รัตนา บำรุงจันทร์, ภัคณัฐ สมพงษ์ธรรม และ สญาญู อีระวงษ์ตระกูล. (2562). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียน โรงเรียนขยายโอกาส สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสระแก้ว เขต 2. *วารสารบริหารการศึกษา มคอ*, 16(30), 188 – 200.
- วรัญญูภรณ์ ชาลีรักษ์ . (2563). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสถานศึกษากับผลการประเมินคุณภาพผู้เรียน (National Test: NT).
<http://www.thaiedresearch.org/home/paperview/2417/?>
- วิษณุ ทรัพย์สมบัติ, ศิวกร รัตติโชติ และลาวัลย์ พิชญวรธ. (2567). การศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อผลการประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 – 2563 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 9(1), 479-495.
<https://so02.tcithaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/266932>
- วิชัย พาณิชย์สวอย, สุนน ไวยบุญญา, พัชรพร ศุภกิจ, และรัตนพร หลวงแก้ว. (2563). บทเรียน PISA: กระบวนการเรียนรู้แนวใหม่ที่ส่งเสริมสมรรถนะผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences)*, 14(4), 157 - 167.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. วี พรินท์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.)¹. *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*
<https://www.scimath.org/ebooks/8380/8380.pdf>.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.)². *คู่มือการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่ม สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2*.
https://academic.obec.go.th/web/images/document/1654507307_d_1.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568). *รายงานฉบับสมบูรณ์ของโปรแกรม ประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (PISA) ของ PISA 2022*.
<https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2022-fullreport/>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568). *มือใหม่ใช้ AI ฟรี ไม่ต้องเสียเงิน! เปรียบเทียบ ChatGPT และ Gemini ฉบับปลายปี 2025*.
<https://www.ipst.ac.th/news/105750/gpt-gemini.html>.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (ม.ป.ป.). O-NET.
<https://www.niets.or.th/th/catalog/view/211>

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย. (2568). *ผลการประกวดโครงงานคณิตศาสตร์ (รอบชิงชนะเลิศ) ประจำปี 2568*. <https://www.mathassociation.or.th/activity/contest>

สุนารี ศรีบุญ. (2561). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อ พัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร)*.
<http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1516/1/58263311.pdf>

- สุรวีทย์ มูลคำ. (2551). *ครบเครื่องเรื่องการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 9). ภาพพิมพ์.
- สุทธารัตน์ บุญเลิศ และธัญญา กาสรุณ. (2566). การพัฒนางานทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับรอบการประเมินของ PISA เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(6), 381 – 392.
- สุดารัตน์ คงวิเชียร. (2563). *การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรโดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร).
<http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3310/1/61263313.pdf>
- สมชาย วรกิจเกษมสกุล. (2567). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้น ผู้เรียนเป็นสำคัญ การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). *แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (พิมพ์ครั้งที่ 2). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2554). *คู่มือสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหาร ครู และนักเรียน เพื่อเตรียมความพร้อมรองรับการประเมิน ตามโครงการวิจัยนานาชาติ (PISA และ TIMSS)*. บริษัท พรักหวานกราฟฟิค จำกัด.
- สาครินทร์ จันทรมณี, สิริวิษญ์ ทับสุทธิ, มณฑกานต์ดี เพชรอักษร และสิทธิไกร กุลสวน. (2568). แนวทางพัฒนาผลทดสอบทางการศึกษาระดับชาติดีปีการศึกษา 2566 ของเครือข่ายโรงเรียนที่ 5 “ลานสกา” จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารการทดสอบและการประเมินทางการศึกษาระดับชาติ*, 6(1), 17 – 38.
- อธิป เกตุสิริ, ญัฐยา เกตุสิริ, ศุภชัย เส้นเกษ, และวารุณี เรียนรู้. (2568). การใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21. *วารสารนวัตกรรมการศึกษาเพื่อสังคม*, 1(1), 44–51.

- อนุวัติ คุณแก้ว. (2566). *การทดสอบ การวัดผลและประเมินผล การศึกษาแนวใหม่*. สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- อรุณรัตน์ วิไลตันกุล. (2568). แนวทางการใช้ปัญญาประดิษฐ์ Gemini ในการสร้างสรรค์สื่อการเรียน การสอนในศตวรรษที่ 21 . *วารสารวิรุฬห์ศาสตร์ปริทัศน์*, 1(1), 23–33.
- อังคณา สุวรรณพัฒน์. (2556). *ผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม The geometer's sketchpad (GSP) โรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)*.
https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_DOI=10.14457/KU.the.2013.472
- อัศวิน บรรเทา. (2558). การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เรื่อง การหารเศษส่วนของ ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิจัย มช. สาขามนุษยศาสตร์ฯ (ฉบับ บัณฑิตศึกษา)*, 3(3), 12 – 24.
- The Active. (2568). ปัญญาประดิษฐ์ (AI) : เทคโนโลยีอัจฉริยะแห่งยุค หรือภัยคุกคามการศึกษา ? .
<https://theactive.thaipbs.or.th/read/ai-literacy-in-teaching-and-learning>

ภาษาอังกฤษ

- Allen, D. G. (2007). *Student thinking*. http://mtc.tamu.edu/9-12/index_9-12.htm?9-12M2L1.htm
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives: Complete Edition*. New York: Longman.
- Bloom, B. S. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Carpmail, B., Chapman & Crowder. (2013). *Misconceptions with the key objectives*.
<https://www.ncetm.org.uk/public/files/2042723/>

- Deemee, P., Phusavat, P., & Rattanakad, W. (2016). Learning assessment techniques for the 21st century. *The Journal of Thailand Basic Education Community on Measurement and Evaluation*. 3: 10-12.
http://bet.obec.go.th/index/wp-content/uploads/2017/01/e-book_594.pdf
- James, G, J, A, R, C. (1918). *Mathematics Dictionary* (5th ed). NY: Chapman & Hall.
- Jame H. M. (2013). *Classroom Assessment: Principles and Practice for Effective Standards-Based Instruction* (6th ed). Needham Height: Allyn & Bacon.
- Schnepper, Lauren C. and McCoy, Leah P. (2017). Analysis of Misconceptions in High School Mathematics. *Networks: An Online Journal for Teacher Research*, 15(1), 1-7. <https://dx.doi.org/10.4148/2470-6353.1066>
- Paulson, F. Leon, Pearl R. Paulson and Carol A. Meyer. (1991). "What Makes a Portfolio a Portfolio?" *Educational Leadership*, (February 1991), pp. 60-63.
- Shotiga Pasiphol, Nuttaporn Lawthong, & Kamonwan Tangdhanakanond. (2015). *Measurement and evaluation*. Department of Educational Research and Psychology, Faculty of Education, Chulalongkorn University.
- Wylie, C., Ciofalo, J., & Mavronikolas, E. (2010). *Documenting, diagnosing and treating misconceptions: Impact on student learning*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Denver, CO.