



โครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้
ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น

โดย

รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรฮะ

ดร.บุญทอง บุญทวี

อาจารย์ลือชัย ทิพรังศรี

ดร.พงศ์ระพี แก้วไทรฮะ

ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

ลิขสิทธิ์ของกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

สัญญาเลขที่ 4/2565

โครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้
ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น

รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ

ดร.บุญทอง บุญทวี

อาจารย์ลือชัย ทิพรังศรี

ดร.พงศ์ระพี แก้วไทรชะ

ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

ลิขสิทธิ์ของกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

Project Code 4/2565

Promoting Teachers to Produce Online Mathematics Materials that
Support Learning for Visually Impaired Students

Associated Professor Chaweewan Kaewsaiha

Dr.Boonthong Boontawee

Mr.Leuchai Tiprangsri

Dr.Pongrapee Kaewsaiha

Supported Budget by Edtech Fund, Ministry of Education

Year 2023

Copyright of Edtech Fund, Ministry of Education

บทคัดย่อ

สัญญาวิทยุเลขที่ 4/2565

ชื่อโครงการ โครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้
ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น

ชื่อผู้รับผิดชอบโครงการ

1) หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ

2) ทีมงาน

ดร.บุญทอง บุญทวี

อาจารย์ลือชัย ทิพรังศรี

ดร.พงศ์ระพี แก้วไทรชะ

ระยะเวลาโครงการ 19 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 ถึง 14 มกราคม พ.ศ. 2567

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น และเพื่อเผยแพร่ความรู้ในการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC) การดำเนินโครงการแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การอบรมครูโดยใช้การอบรมออนไลน์รูปแบบ Zoom และระยะที่ 2 คือ การเผยแพร่บทเรียนออนไลน์แบบเปิดบนแพลตฟอร์ม Thai MOOC กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในระยะที่ 1 ประกอบไปด้วยครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนที่มีรูปแบบการสอนแบบร่วมที่สังกัดเขตการศึกษามัธยมศึกษาทั่วประเทศจำนวน 94 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในระยะที่ 2 คือผู้ลงทะเบียนเข้าเรียนรายวิชาที่เผยแพร่บน ThaiMOOC และเรียนครบตามหลักสูตรจำนวน 100 คน เนื้อหาสาระของหลักสูตรประกอบด้วยเทคนิคการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่รองรับผู้เรียนตาบอดและมองเห็นเลือนรางโดยใช้เครื่องมือที่ครูและนักเรียนสามารถเข้าถึงได้หรือมีอยู่แล้ว มีการผลิตตัวอย่างสื่อต้นแบบและบทเรียนที่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในด้านความถูกต้องของเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนผู้บกพร่องทางการมองเห็น ผลการดำเนินโครงการระยะที่ 1 พบว่า ครูผู้รับการอบรมมีความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีความพึงพอใจในการอบรมทั้งเนื้อหาและรูปแบบการอบรมอยู่ในระดับมากที่สุด สำหรับผลการดำเนินโครงการระยะที่ 2 พบว่า ผู้เข้าเรียนมีความพึงพอใจในเนื้อหาและรูปแบบการเรียนรู้สูงสุดในระดับมากที่สุด นอกจากนี้ ผู้เข้าเรียนที่ปฏิบัติตามกิจกรรมได้ครบและผ่านเกณฑ์ 70% ในการได้รับประกาศนียบัตร มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 85.26 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.63 โดยมีคะแนนสูงสุด เท่ากับ 98 คะแนน และคะแนนต่ำสุด เท่ากับ 70 คะแนน สำหรับ

การดำเนินโครงการครั้งนี้ช่วยให้ครูผู้สอนคณิตศาสตร์และผู้สอนรายวิชาอื่น ๆ ได้นำไปผลิตสื่อการสอน และปรับปรุงสื่อการสอนที่สนับสนุนการเรียนรู้ทั้งผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นและผู้เรียนปกติทั่วไปให้ได้รับประโยชน์จากการเรียนออนไลน์ได้ไม่จำกัดเวลาและสถานที่

คำสำคัญ สื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ ผู้บกพร่องทางการมองเห็น อบรมครู

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

Project Code 4/2565

Project Title Promoting Teachers to Produce Online Mathematics Materials
that Support Learning for Visually Impaired Students

Project Administrators

1) **Project Manager**

Associate Professor Chaweewan Kaewsaiha

2) **Project Organizers**

Dr.Boonthong Boontawee

Mr.Luechai Tiprungsri

Dr.Pongrapee Kaewsaiha

Project Duration: 19 August 2022 - 14 January 2024

This project aimed to encourage teachers to produce online mathematics media that supports the learning of the visually impaired and to disseminate knowledge in producing mathematics online media that supports learning for the visually impaired in the form of a massive open online course (MOOC). The project implementation is divided into 2 phases: Phase 1 involved online teacher training via Zoom, and Phase 2 involved publishing open online lessons on the Thai MOOC platform. The sample group used in Phase 1 was 94 lower secondary mathematics teachers with inclusive education programs under secondary education districts across the country. The sample group in Phase 2 included 100 learners who registered and completed the published online lesson on Thai MOOC. The content of the course includes techniques for producing online mathematics media that supports the learning of blind and low-vision students using accessible/existing tools. This project produced prototype materials and lessons that have been verified by experts for content accuracy and learning management that support the visually impaired. The results of Phase 1 revealed that the teachers who attended the training had improved their knowledge and were satisfied with the training, both the content and the training format, at the highest level. For Phase 2, it was found that the participants were at the highest level of satisfaction with the content and learning format. In addition, participants who completed all activities and passed the certified criteria of 70% had an average score of 85.26 and a standard deviation of 7.63, with a maximum score of

98 points and a minimum score of 70 points. For the implementation of this project, mathematics teachers and other subject teachers were able to produce teaching media and improve teaching media that supports learning for visually impaired and normal students who can benefit from online learning without limits on time and place.

Keywords Online mathematics materials, visually impaired students, teacher Training

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

โครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานเลขาธิการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ คณะผู้ดำเนินงานโครงการขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณที่ปรึกษาโครงการ รองศาสตราจารย์ ทศนีย์ ศิริวรรณ สำหรับคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ยิ่งสำหรับการดำเนินงานของโครงการ

ขอบพระคุณประธานคณะกรรมการตรวจรับ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สิริภาพ ผู้ประกายคณะกรรมการตรวจรับ นางสาวอรทัย ทองฤกษ์ฤทธิ นายสุวัฒน์ชัย จันทร์เฮง นางสาวเนตรวรา ศรีสิน และ นายนพดล วงศ์บุญทำ สำหรับข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงการดำเนินการโครงการให้เสร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ขอบพระคุณนายณัทชัย ใจเย็น ผู้อำนวยการสำนักงานเลขาธิการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ สำหรับการสนับสนุนการอบรมครูและการผลิตบทเรียนออนไลน์ให้ได้รับความสะดวกและความสำเร็จของโครงการที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินคุณภาพสื่อต้นแบบบทเรียนตัวอย่างที่ใช้สำหรับการอบรมครู และประเมินคุณภาพบทเรียนออนไลน์แบบเปิดและแบบประเมินผลที่ใช้เผยแพร่บนแพลตฟอร์ม Thai MOOC โดยให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ยิ่ง

ขอบพระคุณผู้อำนวยการโครงการมหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้พื้นที่เปิดรายวิชาผ่านระบบ Thai MOOC ซึ่งเปิดโอกาสให้ครูและผู้สนใจได้รับความรู้และประโยชน์ในการเข้าเรียนอย่างต่อเนื่อง โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่

ขอบพระคุณผู้มีส่วนร่วมในการสัมภาษณ์ให้ข้อมูลด้านการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและผู้อำนวยการโรงเรียนที่มีการสอนแบบเรียนร่วมในการส่งครูผู้สอนคณิตศาสตร์เข้ารับการอบรมและได้รับความสำเร็จของโครงการตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ขอบพระคุณคณบดีวิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐมสำหรับการสนับสนุนสถานที่ดำเนินการโครงการ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาสาขาวิชาคณิตศาสตร์ (หลักสูตรสองภาษา) สำหรับการดำเนินงานในโครงการทดลองกลุ่มย่อยในครั้งนี้

คณะผู้ดำเนินงานโครงการ

2567

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญภาพ	IX
สารบัญตาราง.....	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 กรอบแนวความคิด	3
1.5 วิธีดำเนินการ.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ผู้บกพร่องทางการมองเห็น	5
2.1.1 ประเภทและหลักเกณฑ์ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น.....	6
2.1.2 ข้อมูลประชากรไทยด้านผู้บกพร่องทางการมองเห็น	7
2.2 การจัดการศึกษาสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น.....	8
2.2.1 แนวคิดของ UNESCO.....	8
2.2.2 แนวคิดของประเทศไทย.....	10
2.3 การเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น.....	13
2.3.1 ข้อจำกัดของกระบวนการเรียนรู้.....	13
2.3.2 กลวิธีในการสอน	13
2.4 การเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น.....	14
2.4.1 สภาพปัญหาของการเรียนรู้คณิตศาสตร์	15
2.4.2 แนวทางการพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น.....	15
2.5 การผลิตสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น	18
2.5.1 แนวคิดในการผลิตสื่อออนไลน์การเรียนรู้คณิตศาสตร์	20
2.5.2 แนวคิดในการวัดผลและประเมินผลผู้บกพร่องทางการมองเห็น.....	22
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22

2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนสมการคณิตศาสตร์	23
2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างภาพเรขาคณิตสามมิติด้วย GeoGebra.....	27
2.6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนกราฟและแผนภาพ	28
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	30
3.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล.....	30
3.2 ขั้นตอนการพัฒนาสื่อต้นแบบ	30
3.3 ขั้นตอนการพัฒนาสื่อแนะนำวิธีการผลิตสื่อออนไลน์	31
3.4 ขั้นตอนการอบรมและเผยแพร่.....	31
3.5 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล.....	32
3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล.....	32
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	33
4.1 ผลการพัฒนาสื่อการอบรม	33
4.2 ผลการตรวจคุณภาพของสื่อการอบรม	35
4.3 ผลการเปรียบเทียบความรู้และทัศนคติก่อนและหลังการอบรม.....	40
4.4 ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการอบรม	41
4.5 ผลประเมินชิ้นงานของผู้รับการอบรม	43
4.6 ผลการพัฒนาบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC)	45
4.7 ผลการตรวจสอบคุณภาพ	46
4.8 ผลประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC).....	48
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	51
5.1 สรุปผลของโครงการ	51
5.2 อภิปรายผล	52
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	58
5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการดำเนินงานไปใช้ในการอบรมครูผลิตสื่อออนไลน์	58
5.3.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานครั้งต่อไป	58
บรรณานุกรม.....	60
ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก ภาพการลงพื้นที่เก็บข้อมูลและประชุมเตรียมงาน.....	66
ภาคผนวก ข หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ.....	72
ภาคผนวก ค ตัวอย่างสื่อต้นแบบ.....	83
ภาคผนวก ง ภาพกิจกรรมการอบรมครูออนไลน์	86
ภาคผนวก จ ตัวอย่างสื่อประกอบการอบรม (หน้าเว็บไซต์).....	88

ภาคผนวก ฉ คู่มือการสำรองข้อมูลเว็บไซต์	90
ภาคผนวก ช เอกสารอนุมัติการใช้พื้นที่บนระบบ Thai MOOC	94
ภาคผนวก ซ ประมวลรายวิชาบนระบบ Thai MOOC	96
ภาคผนวก ฌ รายการสื่อบนระบบ Thai MOOC	104
ภาคผนวก ญ คู่มือการสำรองข้อมูลรายวิชาบนระบบ Thai MOOC.....	109
ภาคผนวก ฎ เอกสารอนุญาตให้นำผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่.....	112
ภาคผนวก ฏ บทความวิจัย.....	115

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 Snellen Eye Chart	5
ภาพที่ 4.1 VDO บทเรียนเรื่องการแก้สมการ	34
ภาพที่ 4.2 VDO เรื่อง ลูกบาศก์ และการมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน	34
ภาพที่ 4.3 ภาพด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของรูปเรขาคณิตที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์	34
ภาพที่ 4.4 การสร้างแบบทดสอบโดยใช้ Microsoft Forms และการแทรกรูปและ Alt Text	35
ภาพที่ 4.5 ภาพย่อและขยายในแพลตฟอร์มต่าง ๆ โดยใช้เวกเตอร์กราฟิกส์	36

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 จำนวนข้อมูลคนพิการผู้บกพร่องทางการมองเห็นจำแนกตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย	7
ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพตัวอย่างสื่อต้นแบบการสอนคณิตศาสตร์ด้านเนื้อหา.....	36
ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น.....	37
ตารางที่ 4.3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของวิดีโอบทเรียนตัวอย่าง	39
ตารางที่ 4.4 ความรู้โดยเฉลี่ยของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรม (n = 94)	40
ตารางที่ 4.5 ทักษะที่รับรู้โดยเฉลี่ยของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรม (n = 94).....	41
ตารางที่ 4.6 ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการอบรม (n = 94)	42
ตารางที่ 4.7 ทักษะที่ได้รับจากการฝึกอบรม (n = 94).....	42
ตารางที่ 4.8 สื่อออนไลน์/เนื้อหาและรูปเครื่องมือที่สร้าง.....	43
ตารางที่ 4.9 จำนวนสื่อการสอนจำแนกตามประเภทการรองรับของกลุ่มผู้บกพร่องทางการมองเห็น.....	44

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนออนไลน์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากกับการศึกษาไทยและทั่วโลก เนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ตลอดจนความต้องการของผู้เรียนในการเสาะแสวงหาความรู้นอกห้องเรียนจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ต่าง ๆ ที่มีคุณภาพทั่วโลก จากความร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ ในการส่งเสริมครูผู้สอนให้ผลิตบทเรียนออนไลน์ พบว่าครูผู้สอนหลายคนมีศักยภาพในการผลิตสื่อออนไลน์ที่มีคุณภาพได้ อย่างไรก็ตามบทเรียนออนไลน์ส่วนใหญ่ที่มีการผลิตขึ้นมานั้นยังขาดการออกแบบเพื่อให้สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ซึ่งมีความต้องการสื่อการเรียนรู้ที่มีลักษณะพิเศษเพิ่มเติมจากสื่อทั่วไป หากเป็นวิชาอื่น ๆ อาจดำเนินการปรับปรุงได้โดยง่าย เช่น การเพิ่มข้อความเสียง หรือเพิ่มคำบรรยายภาพ เป็นต้น แต่สำหรับวิชาคณิตศาสตร์ รวมไปถึงวิชาอื่น ๆ ที่ต้องอาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ต้องมีการอ่านและเขียนสมการ การเขียนภาพสามมิติ และการใช้กราฟและแผนภูมิ ซึ่งผู้เรียนต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะ เช่น ไม้บรรทัดและไม้โปรแทรกเตอร์ชนิดพิเศษ กระดาษปกหมุด กระดาษไข และเทคโนโลยีเพื่อช่วยในการเรียนรู้ เช่น โปรแกรมอ่านข้อความบนหน้าจอ เครื่องพิมพ์หมึกนูน หรือหน้าจอที่สัมผัสเมื่อผู้ใช้สัมผัสบริเวณเส้นกราฟ เป็นต้น

สำหรับการสร้างสื่อออนไลน์ในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาที่ต้องใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ สมการ กราฟ และแผนภูมิ และการสร้างภาพสามมิติ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนด้วยตนเองได้ ผู้พัฒนาสื่อจำเป็นต้องทราบข้อจำกัดของผู้เรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น ทราบถึงอุปกรณ์ที่ผู้เรียนใช้ และลักษณะของสื่อที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น เพื่อให้สามารถผลิตสื่อที่มีคุณภาพตามต้องการได้ เช่น การพิมพ์สมการคณิตศาสตร์ในรูปแบบ LaTeX เพื่อให้โปรแกรมอ่านหน้าจอสามารถอ่านได้อย่างถูกต้อง และการสร้างภาพในแบบเวกเตอร์กราฟิก เพื่อให้สามารถขยายภาพได้โดยที่ภาพไม่แตกและใช้งานร่วมกับเครื่องพิมพ์ยูวี หรือใช้ร่วมกับการวาดลงบนกระดาษไขได้ เป็นต้น สื่อออนไลน์ในวิชาคณิตศาสตร์ที่ผลิตขึ้นโดยเทคนิคที่ดังกล่าวจะมีความคมชัดสูงสามารถรองรับผู้เรียนปกติอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดีเช่นกัน และส่งเสริมให้มีผลิตขึ้นในอนาคตรองรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น
- 2) เพื่อเผยแพร่ความรู้ในการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC)

1.3 ขอบเขตของโครงการ

การส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นมีขอบเขตของโครงการดังต่อไปนี้

ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย

โครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น ได้กำหนดขอบเขตของกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

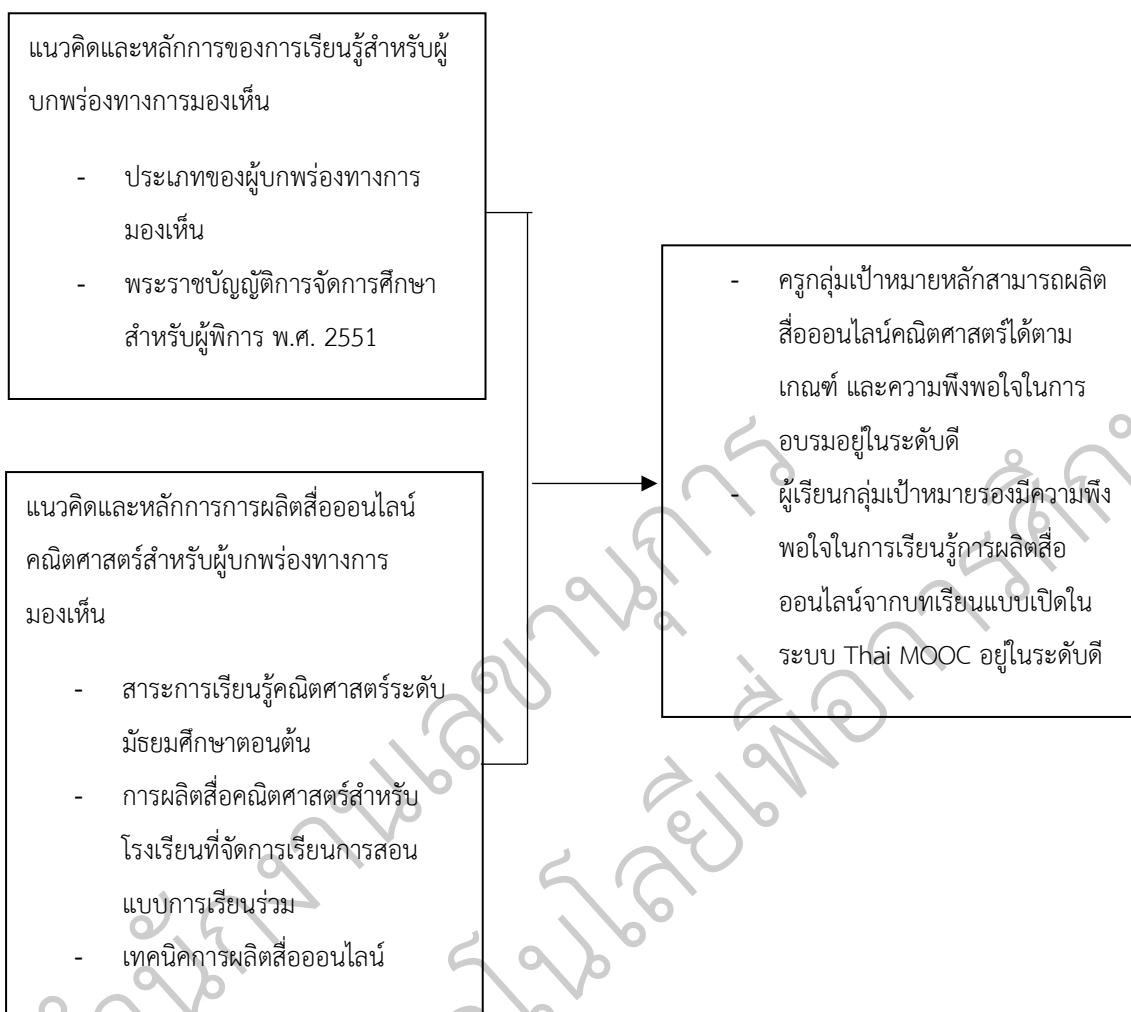
- 1) กลุ่มเป้าหมายหลัก ได้แก่ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ที่มีการจัดการเรียนสอนแบบการเรียนรู้ร่วมกันแก่นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น
- 2) กลุ่มเป้าหมายรอง ได้แก่ ผู้เข้าเรียนบทเรียนออนไลน์แบบเปิดที่ผลิตขึ้นและเผยแพร่บนระบบ Thai MOOC

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาของกรอบในโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น มีดังนี้

- 1) วิธีการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและลักษณะของสื่อออนไลน์ที่ผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเรียนรู้ได้
- 2) ตัวอย่างสื่อคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
- 3) การพิมพ์สมการในรูปแบบ LaTeX
 - บนแพลตฟอร์ม LMS ต่าง ๆ
 - Microsoft Forms
 - เว็บไซต์ทั่วไป
- 4) การสร้างภาพ Vector Graphics
 - GeoGebra
 - Diagrams.net
- 5) การใส่ข้อความแสดงแทน (alternative text)
- 6) การบรรยายในสื่อวิดีโอ
- 7) การเขียนข้อสอบ

1.4 กรอบแนวความคิด



1.5 วิธีดำเนินการ

- 1) ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและประสานกับหน่วยงาน
- 2) สัมภาษณ์และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์สำหรับผู้บกร่องทางการมองเห็น
- 3) พัฒนาและประเมินสื่อต้นแบบ
- 4) อบรมครูผู้สอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้ร่วม
- 5) พัฒนาบทเรียนออนไลน์ เผยแพร่ และเก็บข้อมูล
- 6) สรุปและเขียนรายงาน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เนื่องจากการอบรมครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้ร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างของครูในโรงเรียนสังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการ

การศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ที่ครอบคลุมทุกภาคของประเทศ และบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC) ที่ทำการพัฒนาขึ้นจะมีการเผยแพร่บนแหล่งเรียนรู้ขนาดใหญ่ โดยเนื้อหาการอบรมและบทเรียนที่พัฒนาขึ้นจะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ครูคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

ผู้ปกครองทางการมองเห็น หมายถึง ผู้ที่มีสายตาดำมืดสนิทหรือมีความบกพร่องทางการมองเห็น ได้แก่ บุคคลที่สูญเสียการเห็น แต่ยังสามารถอ่านอักษร ตัวพิมพ์ขยายใหญ่ด้วยอุปกรณ์เครื่องช่วยความพิการ หรือเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก หากวัดความชัดเจนของสายตาข้างดีเมื่อแก้ไขแล้ว อยู่ในระดับ 6 ส่วน 18 (6/18) หรือ 20 ส่วน 70 (20/70)

สื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ หมายถึง สื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ผู้สอนนำเสนอเนื้อหาคณิตศาสตร์ซึ่งสามารถแสดงผลบนเว็บไซต์ และผู้เรียนเข้าถึงได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์โดยใช้เพียงเครื่องคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ตทั่วไป สื่อออนไลน์คณิตศาสตร์อาจมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

- 1) หน้าเว็บเพจ
- 2) ไฟล์เอกสารอิเล็กทรอนิกส์
- 3) สื่อมัลติมีเดีย ได้แก่ รูปภาพ เสียง และคลิปวิดีโอ
- 4) สื่อโต้ตอบอื่น ๆ เช่น ข้อสอบออนไลน์ และแอปพลิเคชันบนเว็บต่าง ๆ

การเรียนรู้ร่วมสำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น หมายถึง การจัดให้ผู้ปกครองทางการมองเห็นได้เข้าศึกษาในระบบการศึกษาทั่วไป

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นเป็นโครงการอบรมครูเพื่อพัฒนาแนวคิดของผู้สอนคณิตศาสตร์และผู้สนใจทั่วไปในการผลิตสื่อออนไลน์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้ดำเนินงานโครงการได้ทบทวนวรรณกรรมจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำแนวคิดและหลักการของการเรียนรู้สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นและแนวคิดและหลักการการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น ดังต่อไปนี้

2.1 ผู้บกพร่องทางการมองเห็น

ความบกพร่องทางการมองเห็น (visual impairment) คือ การสูญเสียการมองเห็นมากจนไม่สามารถใช้สายตามองตัวอักษรหรือวัตถุต่าง ๆ เหมือนคนตาปกติได้ ต้องใช้เครื่องมือช่วยที่ผ่านประสาทสัมผัส หรือ ใช้เครื่องมือขยายตัวอักษรให้ใหญ่ขึ้น หรือใช้สื่อเสียง ตามประเภทของความบกพร่อง

สำหรับการวิเคราะห์ความชัดของสายตาประกอบด้วยจำนวน 2 จำนวน เช่น 20/200, 20/100, 20/70 เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลจากการอ่านตัวอักษรใน Snellen Chart และมีความหมายดังนี้

จำนวนที่หนึ่ง แทน ระยะห่างจากแผนภูมิตัวอักษรที่ผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถอ่านตัวอักษรจากสเนลเลนชาร์ต (Snellen Chart) ได้

จำนวนที่สอง แทน ระยะห่างที่ผู้มีสายตาปกติสามารถอ่านตัวอักษรในแผนภูมิเดียวกันได้

E	1	20/200
F P	2	20/100
T O Z	3	20/70
L P E D	4	20/50
P E C F D	5	20/40
E D F C Z P	6	20/30
F E L O P E D	7	20/25
D E F F O T E C	8	20/20
L E F O D D P O T	9	
P P L T C E O	10	
F S E O L C F P D	11	

ภาพที่ 2.1 Snellen Eye Chart

ที่มา: Dahl, J. (2008). Wikimedia commons

ตัวอย่างเช่น ระดับการมองเห็น 6/60 หมายถึง ผู้บกพร่องทางการมองเห็นจะสามารถอ่านหรือมองเห็นได้ชัดเจนในระยะ 6 เมตร เมื่อเทียบกับผู้มีสายตาปกติจะอ่านหรือมองเห็นสิ่งเดียวกันได้ชัดเจนในระยะ 60 เมตร หรือบางประเทศจะใช้หน่วยการวัดเป็นฟุต เช่น 20/200 หมายถึง

ผู้บกพร่องทางการมองเห็นจะสามารถอ่านหรือมองเห็นได้ชัดเจนในระยะ 20 ฟุต เมื่อเทียบกับผู้มีสายตาปกติจะอ่านหรือมองเห็นสิ่งเดียวกันได้ชัดเจนในระยะ 200 ฟุต

2.1.1 ประเภทและหลักเกณฑ์ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น

ประเภทและหลักเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ได้นำหลักเกณฑ์ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น โดยพิจารณาค่าสายตาที่ได้รับการแก้ไขให้ดีที่สุดแล้วในตาข้างที่ดีที่วัดความคมชัดของภาพ (visual acuity) การแก้ไข เช่น มองผ่านรูเล็ก ๆ หรือ การสวมแว่นตา ค่าของสายตา ซึ่งหลักเกณฑ์ที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์มาตรฐานโลก คือ ICD-11 (The eleventh revision of the International Classification of Diseases) โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ และใช้หน่วยการวัดระยะเป็น ฟุต ดังนี้

- ระดับ 0: ไม่มีข้อบกพร่อง หรือ มีข้อบกพร่องเพียงเล็กน้อย (No or mild visual impairment) กำหนดค่าสายตาหรือความคมชัดของภาพที่ดีกว่า 6/18
- ระดับ 1: มีข้อบกพร่องปานกลาง (Moderate visual impairment) กำหนดค่าสายตาหรือความคมชัดของภาพที่น้อยกว่า 6/18 แต่ดีกว่า 6/60
- ระดับ 2: มีข้อบกพร่องรุนแรง (Severe visual impairment) กำหนดค่าสายตาหรือความคมชัดของภาพที่น้อยกว่า 6/60 แต่ดีกว่า 3/60
- ระดับ 3: ตาบอด (Blindness) กำหนดค่าสายตาหรือความคมชัดของภาพที่น้อยกว่า 3/18 แต่ดีกว่า 1/60
- ระดับ 4: ตาบอดและรับรู้เรื่องแสง (Blindness with light perception) กำหนดค่าสายตาหรือความคมชัดของภาพที่น้อยกว่า 1/60
- ระดับ 5: ตาบอดที่ไม่รับรู้เรื่องแสง (Blindness with no light perception)

หมายเหตุ

- 1) ค่าคมชัดของภาพจะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุตั้งแต่อายุ 45 ปีขึ้นไป
- 2) ลานสายตา (visual field) สำหรับคนปกติจะสามารถมองเห็นได้ 180° ในแนวนอน (horizontal) และ 130° ในแนวตั้ง (vertical)
- 3) ระดับตาบอดจะมีลานสายตาแคบกว่า 10°

ประเภทและหลักเกณฑ์ของประเทศไทย

ประเทศไทยได้การกำหนดประเภทและหลักเกณฑ์ของการวินิจฉัยผู้บกพร่องทางสายตาเพื่อนำไปใช้ในการเข้าศึกษาในสถานศึกษา โดยคำนึงถึงการให้ความเสมอภาคแก่ผู้พิการประเภทต่าง ๆ ตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง กำหนดประเภทและหลักเกณฑ์ของคณพิการทางการศึกษา พ.ศ. 2552 สำหรับผู้พิการที่มีความบกพร่องทางสายตา ได้กำหนดไว้ในข้อ 3 (1) (ราชกิจจานุเบกษา, 2552) โดยกำหนดประเภทและหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

บุคคลที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ได้แก่ บุคคลที่สูญเสียการเห็นตั้งแต่ระดับเล็กน้อย จนถึงตาบอดสนิท ซึ่งแบ่งเป็นสองประเภท ดังนี้

1) คนตาบอด หมายถึง บุคคลที่สูญเสียการเห็นมาก จนต้องใช้สื่อสัมผัสและสื่อเสียง หากตรวจวัดความชัดของสายตาข้างดีเมื่อแก้ไขแล้ว อยู่ระดับ 6 ส่วน 60 (6/60) หรือ 20 ส่วน 200 (20/200) จนถึงไม่สามารถรับรู้เรื่องแสง

2) คนเห็นเลือนราง หมายถึง บุคคลที่สูญเสียการเห็น แต่ยังสามารถอ่านอักษร ตัวพิมพ์ขยายใหญ่ด้วยอุปกรณ์เครื่องช่วยความพิการ หรือเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก หากวัดความชัดของสายตาข้างดีเมื่อแก้ไขแล้ว อยู่ในระดับ 6 ส่วน 18 (6/18) หรือ 20 ส่วน 70 (20/70)

หมายเหตุ การออกบัตรประจำตัวสำหรับผู้พิการทางการมองเห็นจะกำหนดโดย กระทรวงการพัฒนาศักยภาพและความมั่นคงของมนุษย์ เพื่อประโยชน์ที่จะได้จากการจัดการสวัสดิการทางสังคม การจัดสิ่งอำนวยความสะดวก สิทธิทางการแพทย์ และโอกาสเข้าทำงานและการศึกษา การกำหนดลักษณะความพิการเชิงประจักษ์ของผู้พิการทางการมองเห็นต้องมีลักษณะอย่างหนึ่งอย่างใดต่อไปนี้
1) ไม่มีลูกตาทั้งสองข้าง 2) ไม่มีลูกตาดำทั้งสองข้าง 3) ลูกตาสีขาวขุ่นทั้งสองข้าง 4) ลูกตาฝ่อทั้งสองข้าง โดยเจ้าหน้าที่จะถ่ายภาพสภาพการพิการไว้เป็นหลักฐาน

2.1.2 ข้อมูลประชากรไทยด้านผู้บกพร่องทางการมองเห็น

กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ กระทรวงการพัฒนาศักยภาพและความมั่นคงของมนุษย์ ได้จัดทำรายงานสถานการณ์คนพิการในประเทศไทย โดยนำข้อมูลคนพิการที่ได้รับการออกบัตรประจำตัวคนพิการ จาก สำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ที่สำรวจ ณ วันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2565 เป็นข้อมูลประชากรประเทศไทยที่มีจำนวนและร้อยละของความบกพร่องทางการมองเห็น จำแนกตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 จำนวนข้อมูลคนพิการผู้บกพร่องทางการมองเห็นจำแนกตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย

ภาค	ชาย	หญิง	รวม	ร้อยละ
กรุงเทพมหานคร	2,482	2,248	4,730	2.52
ภาคกลางและภาคตะวันออก	14,594	13,272	27,866	14.86
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	46,048	58,141	104,189	55.55
ภาคใต้	8,998	8,137	17,135	9.14
ภาคเหนือ	17,216	16,410	33,626	17.93
รวม (ร้อยละ)	89,338 (47.64%)	98,208 (52.36%)	187,546 (100%)	

ที่มา: กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ (2565)

จากตารางที่ 2.1 พบว่า คนพิการผู้บกพร่องทางการมองเห็นที่เป็นเพศชายจำนวน 89,338 คน คิดเป็นร้อยละ 47.64 และ เพศหญิงจำนวน 98,208 คน คิดเป็นร้อยละ 52.36 จากจำนวนประชากรที่ได้รับการออกบัตรประจำตัวคนพิการที่บกพร่องทางการมองเห็น จำนวน 187,546 คน

ข้อมูลของแต่ละภาคประกอบด้วยจังหวัดต่าง ๆ ดังนี้

- **กรุงเทพมหานคร:** กรุงเทพมหานคร
- **ภาคกลางและภาคตะวันออก:** กาญจนบุรี, จันทบุรี, ฉะเชิงเทรา, ชลบุรี, ชัยนาท, ตราด, นครนายก, นครปฐม, นนทบุรี, ปทุมธานี, ประจวบคีรีขันธ์, ปราจีนบุรี, พระนครศรีอยุธยา, ระนอง, ราชบุรี, ลพบุรี, สมุทรปราการ, สมุทรสงคราม, สมุทรสาคร, สระบุรี, สระแก้ว, สิงห์บุรี, สุพรรณบุรี, อ่างทอง, เพชรบุรี
- **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ:** กาฬสินธุ์, ขอนแก่น, ชัยภูมิ, นครพนม, นครราชสีมา, บึงกาฬ, บุรีรัมย์, มหาสารคาม, มุกดาหาร, โยธธร, ร้อยเอ็ด, ศรีสะเกษ, สกลนคร, สุรินทร์, หนองคาย, หนองบัวลำภู, อำนาจเจริญ, อุตรธานี, อุบลราชธานี, เลย
- **ภาคใต้:** กระบี่, ชุมพร, ตรัง, นครศรีธรรมราช, นราธิวาส, ปัตตานี, พังงา, พัทลุง, ภูเก็ต, ยะลา, ระนอง, สงขลา, สตูล, สุราษฎร์ธานี
- **ภาคเหนือ:** กำแพงเพชร, ตาก, นครสวรรค์, น่าน, พะเยา, พิจิตร, พิษณุโลก, ลำปาง, ลำพูน, สุโขทัย, อุตรดิตถ์, อุทัยธานี, เชียงราย, เชียงใหม่, เพชรบูรณ์, แพร่, แม่ฮ่องสอน

2.2 การจัดการศึกษาสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น

2.2.1 แนวคิดของ UNESCO

องค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) หรือ ยูเนสโก (UNESCO) ได้จำแนกประเภทของการจัดการศึกษาสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น 2 ประเภท ได้แก่ โปรแกรมโรงเรียนพิเศษ (Special School Program) และ โปรแกรมการศึกษาแบบบูรณาการหรือการเรียนรวม (Integrated Education Program) (UNESCO, 1988, pp.1-2) ซึ่งมีลักษณะการจัดการศึกษาดังนี้

1) **โปรแกรมโรงเรียนพิเศษ** หมายถึง โรงเรียนเฉพาะนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ซึ่งเป็นโรงเรียนประจำ (residential school) ที่นักเรียนอยู่ประจำและศึกษาในโรงเรียนตลอดปี การศึกษา และสามารถกลับบ้านได้ในช่วงวันหยุดสัปดาห์ และ/หรือวันหยุดพักผ่อน

2) **โปรแกรมการศึกษาแบบบูรณาการหรือการเรียนรวม** หมายถึง โปรแกรมที่จัดให้นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นได้ศึกษาในโรงเรียนปกติ (regular school) ในชุมชนที่นักเรียนอยู่นักเรียนจะพักอาศัยที่บ้านและไปโรงเรียนร่วมกับพี่น้องหรือเพื่อน ๆ ที่มีสายตปกติ นักเรียนเหล่านี้ จะได้รับการศึกษาจากครูที่สอนในชั้นเรียนปกติ แต่ได้รับการช่วยเหลือพิเศษ หรือ รับการสนับสนุน

จากครูการศึกษาพิเศษที่ได้รับการอบรมทักษะการทำงานกับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น

UNESCO ได้สำรวจข้อดีของการจัดโปรแกรมโรงเรียนพิเศษเฉพาะทางและข้อจำกัด โปรแกรมการศึกษาแบบบูรณาการ ดังนี้

ข้อดีของโปรแกรมโรงเรียนพิเศษเฉพาะทาง	ข้อจำกัดของโปรแกรมการศึกษาแบบบูรณาการ
1. ครูผู้สอนได้รับการอบรมหรือมีประสบการณ์ในการสอนนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น	1. ครูผู้สอนไม่ได้รับการอบรมหรือไม่มีประสบการณ์ในการสอนนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น หากมีปัญหาเกิดขึ้นต้องรอจนกว่าครูผู้สอนจากโรงเรียนพิเศษเฉพาะทางมาปฏิบัติงานที่โรงเรียน
2. โรงเรียนได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการจัดซื้ออุปกรณ์เฉพาะทางได้ เช่น หนังสืออักษรเบรลล์ หนังสือที่มีตัวพิมพ์ขนาดใหญ่ รูปจำลองที่สัมผัสได้ และอื่น ๆ	2. โรงเรียนขาดการสนับสนุนงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์พิเศษ อาจมีหนังสือเพียงหนึ่งหรือสองเล่มสำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น
3. จำนวนนักเรียนมีไม่มาก ดังนั้นผู้สอนสามารถดูแลนักเรียนเป็นรายบุคคลได้ง่าย	3. จำนวนนักเรียนในแต่ละห้องอาจมีถึง 30 หรือ 40 คน ซึ่งอาจดูแลนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นไม่ทั่วถึง
4. นักเรียนเป็นนักเรียนประจำ ดังนั้นจึงมีเวลาในการทำกิจกรรมเสริมทักษะตามต้องการได้	4. การสอนจะเน้นเนื้อหาในรายวิชาที่สำคัญ เฉพาะช่วงเวลาที่ผู้บกพร่องทางการมองเห็นเรียนอยู่ที่โรงเรียน

สำหรับข้อดีของโปรแกรมการศึกษาแบบบูรณาการและข้อจำกัดการจัดโปรแกรมโรงเรียนพิเศษเฉพาะทางมีดังนี้

ข้อดีของโปรแกรมการศึกษาแบบบูรณาการ	ข้อจำกัดของโปรแกรมโรงเรียนพิเศษเฉพาะทาง
1. นักเรียนได้อยู่กับครอบครัวและได้ทำกิจกรรมร่วมกันกับพี่น้อง	1. นักเรียนอยู่ห่างจากครอบครัว และมีโอกาสจะร่วมกิจกรรมกับครอบครัวได้ปีละ 1 ครั้ง หรือ 2 ครั้ง
2. ใช้งบประมาณในการบริหารโรงเรียนน้อย	2. ใช้งบประมาณในการบริหารโรงเรียนมาก โดยเฉพาะการสร้างอาคาร หอพัก อาหาร เสื้อผ้า และการบริการด้านสุขภาพ
3. นักเรียนที่มีสายตาศากติได้เรียนรู้และมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนผู้บกพร่องทางการมองเห็น	3. นักเรียนผู้บกพร่องทางการมองเห็นไม่มีโอกาสที่จะสร้างปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนปกติ

ข้อดีของโปรแกรมการศึกษาแบบบูรณาการ	ข้อจำกัดของโปรแกรมโรงเรียนพิเศษเฉพาะทาง
มองเห็น ทำให้มีการพัฒนาด้านอารมณ์และสังคม	ตั้งนั้นจะมีสังคมที่แคบเมื่อต้องออกไปเรียนรู้ สิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียน

2.2.2 แนวคิดของประเทศไทย

ประเทศไทยมีการจัดการศึกษาสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นโดยใช้หลักเกณฑ์ที่สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2556 และกำหนดความหมายของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาไว้หลายคำ เช่น คนพิการ แผนการจัดการศึกษาเฉพาะบุคคล เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก ครูการศึกษาพิเศษ การเรียนร่วม สถานศึกษาเฉพาะความพิการ ศูนย์การเรียนเฉพาะความพิการ องค์กรคนพิการแต่ละประเภท และ กองทุน ซึ่งความหมายของคำเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาการจัดการศึกษาสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2551, หน้า 1-2)

“คนพิการ” หมายความว่า บุคคลซึ่งมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันหรือเข้าไปมีส่วนร่วมทางสังคม เนื่องจากความบกพร่องทางการเห็น การได้ยิน การเคลื่อนไหว การสื่อสาร จิตใจ อารมณ์ พฤติกรรม สติปัญญา การเรียนรู้ หรือความบกพร่องอื่นใด ประกอบกับมีอุปสรรคในด้านต่าง ๆ และมีความต้องการจำเป็นพิเศษทางการศึกษาที่จะต้องได้รับความช่วยเหลือด้านหนึ่งด้านใด เพื่อให้สามารถปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันหรือเข้าไปมีส่วนร่วมทางสังคมได้อย่างบุคคลทั่วไป ทั้งนี้ตามประเภทและหลักเกณฑ์ที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการประกาศกำหนด

“แผนการจัดการศึกษาเฉพาะบุคคล” หมายความว่า แผนซึ่งกำหนดแนวทางการจัดการศึกษาที่สอดคล้องกับความต้องการจำเป็นพิเศษของคนพิการ ตลอดจนกำหนดเทคโนโลยี สิ่งอำนวยความสะดวก สื่อ บริการ และความช่วยเหลืออื่นใดทางการศึกษาเฉพาะบุคคล

“เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก” หมายความว่า เครื่องมือ อุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ หรือบริการที่ใช้สำหรับคนพิการโดยเฉพาะ หรือที่มีการดัดแปลงหรือปรับใช้ให้ตรงกับความต้องการจำเป็นพิเศษของคนพิการแต่ละบุคคล เพื่อเพิ่ม รักษา คงไว้ หรือพัฒนาความสามารถ และศักยภาพที่จะเข้าถึงข้อมูล ข่าวสาร การสื่อสาร รวมถึงกิจกรรมอื่นใดในชีวิตประจำวันเพื่อการดำรงชีวิตอิสระ

“ครูการศึกษาพิเศษ” หมายความว่า ครูที่มีวุฒิการศึกษาสูงกว่าระดับปริญญาตรีขึ้นไป หรือครูที่มีวุฒิทางการศึกษาพิเศษระดับปริญญาตรีที่ผ่านการประเมินทักษะการสอนคนพิการตามที่คณะกรรมการส่งเสริมการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการกำหนด และปฏิบัติหน้าที่สอน จัดการศึกษา นิเทศ หรือหน้าที่อื่นเกี่ยวกับการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการในสถานศึกษาทั้งของรัฐและเอกชน

“การเรียนร่วม” หมายความว่า การจัดให้คนพิการได้เข้าศึกษาในระบบการศึกษาทั่วไปทุกระดับและหลากหลายรูปแบบ รวมถึงการจัดการศึกษาให้สามารถรองรับการเรียนการสอนสำหรับคนทุกกลุ่มรวมทั้งคนพิการ

“สถานศึกษาเฉพาะความพิการ” หมายความว่า สถานศึกษาของรัฐหรือเอกชนที่จัดการศึกษาสำหรับคนพิการโดยเฉพาะ ทั้งในลักษณะอยู่ประจำ ไป กลับ และรับบริการที่บ้าน

“ศูนย์การศึกษาพิเศษ” หมายความว่า สถานศึกษาที่จัดการศึกษานอกระบบ หรือตามอัธยาศัยแก่คนพิการโดยเฉพาะ โดยหน่วยงานการศึกษานอกโรงเรียน บุคคล ครอบครัว ชุมชน องค์กรเอกชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น องค์กรวิชาชีพ สถาบันศาสนา สถานประกอบการ โรงพยาบาล สถาบันทางการแพทย์ สถานสงเคราะห์และสถาบันทางสังคมอื่นเป็นผู้จัดตั้งตั้งแต่ระดับการศึกษาปฐมวัย การศึกษาขั้นพื้นฐาน อาชีวศึกษา อุคตศึกษาและหลักสูตรระยะสั้น

“องค์กรคนพิการแต่ละประเภท” หมายความว่า องค์กรสมาชิกระดับชาติตามประเภทความพิการที่ได้แจ้งชื่อไว้กับสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการแห่งชาติ

“กองทุน” หมายความว่า กองทุนส่งเสริมและพัฒนาการศึกษาสำหรับคนพิการ การจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นในรูปแบบสถานศึกษาพิเศษเฉพาะความพิการ รูปแบบเรียนรวม และรูปแบบเรียนร่วม มีข้อสรุป ดังนี้

1) การจัดการศึกษาแบบโรงเรียนเฉพาะผู้พิการทางการมองเห็น

การจัดการศึกษาพิเศษเฉพาะผู้พิการทางการมองเห็น (special school for visual impairment students) มีการจัดในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นเตรียมความพร้อมก่อนประถมศึกษาจนถึงชั้นมัธยมศึกษา มีการจัดทำโปรแกรมการศึกษาเฉพาะ มีบุคลากรที่เชี่ยวชาญ รวมทั้งมีสื่อ เทคโนโลยี สิ่งอำนวยความสะดวกและบริการที่เพียงพอและมีคุณภาพ สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น

2) การจัดการศึกษาแบบเรียนรวม

การจัดการศึกษาแบบเรียนรวม (inclusive education) หมายถึง การจัดให้คนพิการได้เข้าศึกษาในระบบการศึกษาทั่วไปทุกระดับและหลากหลายรูปแบบ รวมถึงการจัดการศึกษาให้สามารถรองรับการเรียนการสอนสำหรับคนทุกกลุ่มรวมทั้งคนพิการ (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2551)

3) การจัดการศึกษาแบบเรียนรวม

การจัดการศึกษาแบบเรียนรวม (integrated education) เป็นการจัดการศึกษาที่จัดให้เด็กพิเศษเข้ามาเรียนรวมกับเด็กปกติ โดยรับเข้ามาเรียนรวมกัน ตั้งแต่เริ่มเข้ารับการศึกษาและจัดให้มีบริการพิเศษตามความต้องการของแต่ละบุคคล

ความแตกต่างระหว่างการจัดการศึกษาแบบเรียนรวมตามความหมายในพระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2556 และการจัดการศึกษาแบบเรียนรวมตามความหมายของการจัดการศึกษา มีรูปแบบของการดำเนินงาน ดังนี้

การเรียนรู้ร่วม	การเรียนรู้รวม
<ol style="list-style-type: none"> 1. ชั้นเรียนปกติเต็มวันในโรงเรียนปกติ โดยไม่ได้ รับการบริการทางการศึกษาพิเศษ เนื่องจาก นักเรียนมีความพิการน้อย มีความฉลาด ความพร้อม และวุฒิทางอารมณ์และสังคม ใกล้เคียงกับเด็กปกติ 2. ชั้นเรียนปกติเต็มวันในโรงเรียนปกติ และมี บริการทางการศึกษาตามความต้องการ จำเป็นพิเศษ 3. ชั้นเรียนปกติเต็มเวลาในโรงเรียนปกติ และ บริการครูเดินสอน ซึ่งการบริการครูเดินสอน จะให้บริการตามตารางที่กำหนด เพื่อ ช่วยเหลือด้านการสอนและการปรับ พฤติกรรม 4. ชั้นเรียนปกติเต็มวันและบริการสอนเสริมบาง เวลา ซึ่งอาจกระทำเป็นรายบุคคลหรือสอน เป็นกลุ่มเล็ก ๆ 5. ชั้นเรียนปกติและชั้นเรียนพิเศษสำหรับบาง รายวิชา เช่น นักเรียนจะเรียนปกติในชั้นเรียน ที่เกี่ยวกับกลุ่มสาระการเรียนรู้อาชีพและ เทคโนโลยี สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ เป็นต้น และนักเรียนจะเรียนพิเศษในกลุ่ม สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ศาสนาและวัฒนธรรม ภาษาไทย และ ภาษาต่างประเทศ เป็นต้น 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ชั้นเรียนที่มีครูที่ปรึกษาพิเศษ โดยครูปกติ และครูที่ปรึกษาพิเศษจะวางแผนร่วมกัน และครูที่ปรึกษาพิเศษจะสอนซ้ำเพื่อเสริม ทักษะแก่นักเรียนที่มีความต้องการพิเศษ 2. รูปแบบการร่วมทีม โดยครูการศึกษาพิเศษ จะได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบในการร่วม ทีมกับครูสอนปกติ เพื่อให้ข้อมูลและ คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีสอน การมอบหมาย งานหรือการบ้าน และการสอบ 3. รูปแบบการร่วมมือและร่วมสอน เช่น คน หนึ่งสอนคนหนึ่งช่วย หรือ สอนพร้อม ๆ กัน หรือ จัดเป็นศูนย์การเรียนรู้ที่ให้เด็กปกติและ เด็กพิเศษเรียนรู้ร่วมกันจนครบทุกเนื้อหาที่ ครูปกติและครูการศึกษาพิเศษได้วาง แผนการจัดศูนย์การเรียนรู้ร่วมกัน 4. รูปแบบห้องเสริมวิชาการ ซึ่งมีอุปกรณ์การ เรียนการสอนที่ใช้เป็นห้องเรียนสำหรับกลุ่ม นักเรียนที่ต้องการฝึกทักษะเฉพาะทางใน บางเวลา โดยกลุ่มดังกล่าวอาจมีเด็กปกติ และเด็กพิเศษที่ต้องการเสริมทักษะเดียวกัน เรียนรวมกัน 5. รูปแบบผู้ช่วยครู โดยผู้ช่วยอาจเป็นครูหรือ อาสาสมัครที่เข้านั่งเรียนกับครูประจำการที่ สอนหน้าชั้นและนั่งติดกับเด็กพิเศษเพื่อให้ การช่วยเหลือ ทั้งนี้ครูผู้ช่วยต้องได้รับการ ฝึกอบรมเกี่ยวกับภารกิจที่ต้องปฏิบัติใน ฐานะผู้ช่วยครู เพื่อมิให้นักเรียนปกติเสีย สมาธิในการเรียน

จากตารางที่เปรียบเทียบรูปแบบของการจัดการศึกษาแบบการเรียนรู้ร่วมและแบบการเรียนรู้รวมเป็นสนับสนุนด้านความเสมอภาคทางการเรียนที่มีปัจจัยสำคัญในการนำนักเรียนพิการ หรือ

มีความบกพร่อง เข้าไปในระบบการศึกษาปกติ มีการร่วมมือกิจกรรมระหว่างนักเรียนที่มีความบกพร่องกับนักเรียนทั่วไป ซึ่งแต่ละสถานศึกษาจะรับผิดชอบในการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างครูทั่วไปและครูการศึกษาพิเศษในโรงเรียนหรือระหว่างโรงเรียนปกติและโรงเรียนการศึกษาพิเศษเฉพาะทางที่สร้างความร่วมมือร่วมกัน

สำหรับโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นเป็นโครงการอบรมครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้ร่วมของเขตการศึกษามัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2.3 การเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น

ผู้บกพร่องทางการมองเห็นไม่สามารถมองเห็นได้เหมือนคนปกติ ดังนั้นการเรียนรู้จึงต้องอาศัยสัมผัสด้านอื่น ๆ มาทดแทน (sensory compensation) ด้านการมองเห็น เช่น การฟัง การสัมผัส การดมกลิ่น การลิ้มรส และการใช้ประสาทสัมผัสแบบผสมผสานกัน

2.3.1 ข้อจำกัดของกระบวนการเรียนรู้

กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นที่เรียนร่วมกับชั้นเรียนปกติอาจได้รับผลกระทบดังนี้ (ADCET, n.d.)

(1) นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นอาจเข้าถึงข้อมูลได้หลายวิธี เช่น อักษรเบรลล์ เทปเสียง หรือการพิมพ์แบบขยาย ผู้อ่านอักษรเบรลล์ไม่สามารถอ่านคร่าว ๆ ได้ และอาจใช้เวลาานกว่านักเรียนคนอื่นถึงสามเท่าในการอ่านข้อความ นักเรียนที่มองเห็นเลื่อนรางอาจอ่านจากตัวหนังสือที่พิมพ์ตัวใหญ่ได้ หลายคนอาจไม่สามารถอ่านคำถามและเอกสารประกอบข้อสอบที่ใช้ตัวพิมพ์แบบปกติได้หรืออ่านลายมือของตนเองได้ รวมทั้งไม่สามารถจดบันทึกสิ่งที่เรียนด้วยตนเองได้

(2) นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นที่ต้องการเข้าถึงข้อมูลในรูปแบบอื่น ๆ อาจต้องรอการผลิตสื่อการเรียนการสอนที่ใช้เวลานาน ซึ่งทำให้ต้องเรียนล่าช้าหลังนักเรียนคนอื่นในชั้นเรียน

(3) นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นอาจโดดเดี่ยวในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ ซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้

(4) การมีส่วนร่วมและการมีปฏิสัมพันธ์ในบทเรียนอาจมีจำกัด และเป็นเรื่องยากที่จะทำให้ผู้อื่นรู้สึกสบายใจที่จะทำกิจกรรมร่วม เพราะผู้บกพร่องทางการมองเห็นไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าเมื่อใดมีความเหมาะสมที่จะขัดจังหวะหรือแลกเปลี่ยนการสนทนา

2.3.2 กลวิธีในการสอน

ครูผู้รับผิดชอบในการสอนแบบเรียนรู้ร่วมและการสอนแบบเรียนรวมต้องสามารถสอนให้ผู้เรียนได้รับโอกาสทางการเรียนรู้เท่าเทียมกัน ดังนั้น ผู้สอนควรพิจารณาออกแบบปรับสภาพแวดล้อม

การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ร่วมกันได้ (Universal Design for Learning: UDL) ดังนี้ (Rose & Meyer, 2002)

- 1) ใช้กลยุทธ์ในการสอนที่หลากหลาย (multiple strategies) ในการนำเสนอเนื้อหา ตัวอย่างเช่น กรณีศึกษา (case studies) การใช้ดนตรี (music) บทบาทสมมุติ (role play) การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (cooperative learning) กิจกรรมที่สัมผัสได้ และกิจกรรมลงมือทำ (hand-on activities) โดยใช้บริบทในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การทำงานเป็นรายบุคคล (individual) การทำงานเป็นคู่ (pair) การทำงานกลุ่ม (group work) และการเรียนรู้แบบเพื่อนร่วมคิด (peer learning) เป็นต้น
- 2) ใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย (variety of materials) เช่น แหล่งเรียนรู้ออนไลน์ (online resources) สื่อวัตถุสัมผัส (manipulatives) หนังสือเรียน และหนังสือเสริม เป็นต้น
- 3) สอนเพื่อรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย (variety of learning styles) เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาการเรียนรู้จากการพูดของผู้สอนสำหรับผู้เรียนที่ใช้ประสาทสัมผัสในการฟัง (learn auditory) หรือใช้การเขียนของผู้สอนสำหรับผู้เรียนที่ใช้ประสาทสัมผัสในการเห็นภาพ (learn visually)
- 4) เตรียมรูปแบบการวัดและประเมินด้วยรูปแบบที่ยืดหยุ่น (flexible opportunities for assessment) เพื่อให้ผู้เรียนแสดงผลการเรียนรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น นำเสนอด้วยภาพ หรือการพูด หรือการเขียน เป็นต้น

2.4 การเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น

การเรียนรู้คณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อผู้เรียนในการเสริมสร้างความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 1) ดังนั้น การเรียนการสอนในปัจจุบันจะเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบปฏิบัติ (active learning) มากกว่าการเรียนรู้แบบเป็นผู้รับ (passive learning) จากครู ดังนั้นการจัดบรรยากาศการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความฉลาดรู้ตามสมรรถนะที่ต้องการให้เกิดแก่นักเรียน ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ (Romberg, 1995)

- 1) **ความรู้ที่เรียนมาก่อน** (Prior knowledge) นักเรียนที่เข้ามาเรียนในห้องเรียนจะมีความรู้พื้นฐานที่แตกต่างกัน ดังนั้น ครูควรให้ความสำคัญในเรื่องนี้ เพราะนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานที่เรียนมาก่อนจะสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่เรียนมาแล้วกับความรู้ใหม่ที่กำลังสอนได้เป็นอย่างดี
- 2) **ความเสมอภาค** (Equity) นักเรียนทุกคนควรได้รับโอกาสที่เท่าเทียมกันในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ นักเรียนทุกคนมีความคาดหวังที่จะได้รับความสำเร็จจากการเรียนรู้ ดังนั้น ครูควรส่งเสริมและสนับสนุนด้วยวิธีการต่าง ๆ

3) **เทคโนโลยี (Technology)** เทคโนโลยีช่วยสนับสนุนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง ประกอบด้วย การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดประเมินค่า และการคิดสร้างสรรค์

4) **สนับสนุนการเรียนรู้ทางสังคมและอารมณ์ (Support social and emotional learning)** กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรส่งเสริมและสนับสนุนนักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางสังคมและอารมณ์ ประกอบด้วย การเรียนรู้ร่วมกัน การช่วยเหลือกัน การมีความรับผิดชอบ การมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ ความมั่นใจในการเรียนรู้ เป็นต้น

5) **การเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ (Valuing mathematics)** กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรเชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนเห็นประโยชน์และสามารถนำความรู้และทักษะกระบวนการไปเชื่อมโยงกับการแก้ปัญหาได้

แนวคิดของความสำคัญของคณิตศาสตร์และแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้นเป็นแนวคิดที่จะนำมาพิจารณาในการสร้างโอกาสและความเสมอภาคให้ผู้เรียนทุกคนควรได้รับโอกาสที่เท่าเทียมกันในการเรียนรู้คณิตศาสตร์และมีความสำเร็จจากการเรียนรู้ โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้บกพร่องทางการมองเห็นที่เรียนในรูปแบบเรียนร่วมหรือเรียนในรูปแบบเรียนรวม

2.4.1 สภาพปัญหาของการเรียนรู้คณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เป็นนามธรรม ประกอบด้วยภาษาที่ใช้คำศัพท์เฉพาะทางคณิตศาสตร์ และสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ผู้เรียนจะต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและสามารถแสดงเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล นอกจากนั้นการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในแต่ละระดับชั้นต้องอาศัยความรู้พื้นฐานที่จะนำไปสู่การเรียนรู้เนื้อหาใหม่ ซึ่งผู้เรียนที่มีพื้นฐานความรู้ไม่เพียงพอจะก่อให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ได้ (learning disability) ถ้าหากผู้สอนไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับความบกพร่องและจัดการเรียนการสอนไม่ตอบสนองต่อการเรียนรู้และสภาพความบกพร่องที่ต้องการแก้ไขหรือพัฒนา อาจส่งผลให้ผู้เรียนเหล่านี้ขาดความเชื่อมั่นในการเรียน รวมทั้งอาจมีปัญหาพฤติกรรมหรือปัญหาอื่น ๆ ตามมาได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551, หน้า 1) ผู้เรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นจะมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดปัญหาในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เช่น การใช้กลวิธีในการจัดการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ของครูปกติที่สอนคณิตศาสตร์มุ่งเน้นเนื้อหาตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร แต่ครูพิเศษที่มีความเชี่ยวชาญด้านการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นจะไม่สามารถถ่ายทอดการเรียนรู้เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง (Wanjiru, 2014)

2.4.2 แนวทางการพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น

การพัฒนามาตรฐานครูด้านการจัดการเรียนรู้

มาตรฐานครูด้านการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และได้เต็มตามศักยภาพของตนเอง มีทักษะใน

ศตวรรษที่ 21 มีแรงบันดาลใจ และมีพลังในการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทั้งนี้คุรุสภาได้กำหนดกรอบมาตรฐานครูด้านการจัดการเรียนรู้ (สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา. 2562, หน้า 19 – 20) ไว้ดังนี้

- 1) พัฒนาหลักสูตรสถานศึกษา การจัดการเรียนรู้ สื่อ การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้
- 2) บูรณาการความรู้และศาสตร์การสอนในการวางแผนและจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีปัญญา รู้คิด และมีความเป็นนวัตกรรม
- 3) ดูแล ช่วยเหลือ และพัฒนาผู้เรียนเป็นรายบุคคลตามศักยภาพ สามารถรายงานผลการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ
- 4) จัดกิจกรรมและสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีความสุขในการเรียน โดยตระหนักถึงสุขภาวะของผู้เรียน
- 5) วิจัย สร้างนวัตกรรม และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน
- 6) ปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์และมีส่วนร่วมในกิจกรรมพัฒนาวิชาชีพ

การพัฒนาผู้เรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนส่วนใหญ่จะนำขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยามาใช้ ซึ่งขั้นตอนต่าง ๆ จะมีรายละเอียดที่เกี่ยวกับสมรรถนะต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นนี้เป็นขั้นเตรียมการ (preparation) เมื่อนักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาแล้วต้องทำความเข้าใจเบื้องต้นดังนี้

- สืบหาข้อมูลที่โจทย์กำหนดและข้อมูลปัญหาที่ต้องการคำตอบ
- วิเคราะห์ว่าข้อมูลที่กำหนดมีเพียงพอหรือไม่ หรือต้องมีข้อมูลอะไรเพิ่มอีก
- แปลความหมายของคำต่าง ๆ ในโจทย์ปัญหาให้เป็นความหมายทางคณิตศาสตร์
- ปรับข้อความของโจทย์ปัญหาด้วยภาษาง่าย ๆ

ขั้นที่ 2 คิดวางแผน (devise a plan) ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนต้องใช้เวลาคิด (thinking time) ในการวางแผนหลังจากทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาแล้ว ความสามารถที่นักเรียนต้องใช้ในขั้นนี้มีดังนี้

- เขียนรูป
- เขียนตัวเลข สัญลักษณ์ หรือตัวแปร แทนข้อมูลและข้อความที่มีในโจทย์ปัญหา
- คิดอย่างมีระบบและสร้างรูปแบบที่ง่ายต่อการแก้ปัญหา
- ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการวางแผนที่ต้องสอดคล้องกับโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (carry out the plan) ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการดำเนินทุกขั้นตอนของการแก้ปัญหา ความสามารถที่นักเรียนต้องนำมาใช้ในขั้นนี้มีดังนี้

- มิโมนทัศน์ที่ถูกต้องในคณิตศาสตร์
- มีการคิดคำนวณที่รอบคอบและถูกต้อง
- มีการปรับแผนระหว่างดำเนินการเพื่อให้ได้คำตอบที่รวดเร็วและถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบย้อนกลับ (look back) ขั้นตอนนี้ นักเรียนจะแสดงความสามารถต่อไป

- ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ
- ตรวจสอบความสมเหตุสมผลว่าคำตอบที่ได้เป็นไปตามเงื่อนไขของโจทย์ปัญหา
- ตรวจสอบการคิดคำนวณอีกครั้ง

ผู้เรียนจะใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้ประสบความสำเร็จได้ต้องให้ความสำคัญกับความรู้ที่ต้องเรียนมาก่อน เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาได้ชัดเจน รวมทั้งสามารถนำความรู้ที่เรียนมาก่อนมาเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ของโจทย์ปัญหาและเลือกวิธีการที่จะนำไปใช้ในการวางแผนการแก้ปัญหาและลงมือแก้ปัญหาได้ถูกต้อง สำหรับโจทย์ปัญหาที่นำมาพัฒนาผู้เรียนควรเป็นโจทย์ปัญหาที่สอดคล้องกับสภาพจริง เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าและสนุกกับการเรียนคณิตศาสตร์

การออกแบบการเรียนรู้

การออกแบบการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นมีความสนใจและมีความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์ Oyebanji & Idiong (2021) ได้ให้ข้อเสนอแนะดังนี้

- จำกัดจำนวนของสาระใหม่ ๆ ที่จะนำเสนอแต่ละบทเรียน เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของผู้เรียน
- สอนจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องที่ซับซ้อน และสอนจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม รวมทั้งผู้สอนต้องแน่ใจว่าผู้เรียนมีความรู้เข้าใจในเนื้อหาที่สอนก่อนจะเรียนรู้เรื่องใหม่
- ในการสอนเนื้อหาต่าง ๆ ไม่ควรใช้ภาษาที่มีรายละเอียดมากเกินไปหรือใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ชัดเจน ควรใช้ภาษาง่าย ๆ เพื่อสร้างความเข้าใจในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ซับซ้อน
- ให้ความสำคัญกับการแนะนำแนวคิดใหม่ ไม่ควรแนะนำหลายแนวคิดในเวลาเดียวกัน เพราะจะทำให้ผู้เรียนสับสน เตรียมแบบฝึกหัดที่แนะนำความรู้ที่มีประสิทธิภาพต่อการทำงานกลุ่ม ก่อนที่จะให้ผู้เรียนแต่ละคนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้แต่ละเนื้อหา
- การแนะนำทักษะการคิดขั้นสูงควรแนะนำเมื่อผู้เรียนมีทักษะพื้นฐานที่ดี ถ้าพื้นฐานของผู้เรียนไม่แน่นพอ การแนะนำทักษะการคิดขั้นสูงจะไม่เกิดประโยชน์แต่อย่างใด

ดังนั้นการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นควรคำนึงถึงปัจจัยหลายปัจจัยที่จะส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้ เช่น การจัดลำดับของเนื้อหา การแบ่งเนื้อหา การนำ

นวัตกรรมและสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม การใช้โจทย์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง เพื่อให้ผู้เรียนรับรู้ถึงประโยชน์และความน่าสนใจในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์

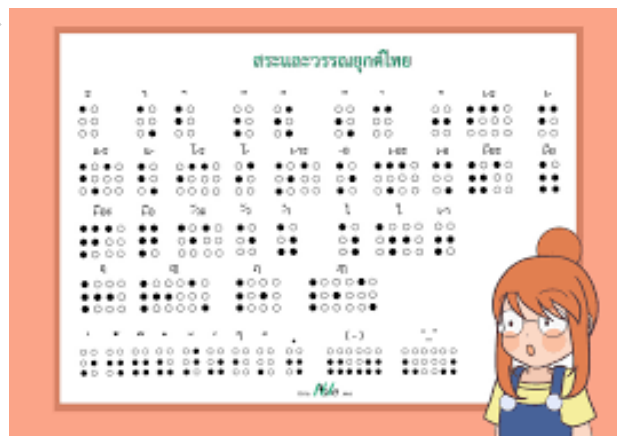
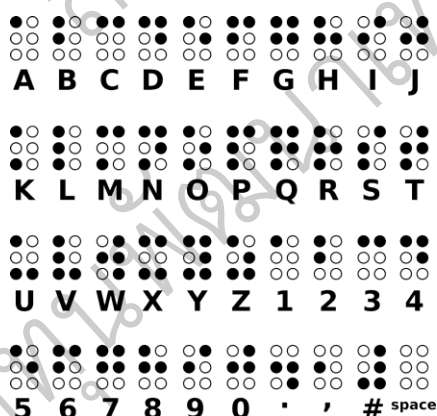
2.5 การผลิตสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จัดแบ่งเป็น 3 สาระ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น โรงเรียนที่จัดการศึกษาแบบเรียนร่วมและจัดการศึกษาแบบเรียนรวมจะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร เนื่องจากเนื้อหา คณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่เป็นนามธรรม ดังนั้น ผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอน คณิตศาสตร์ตามลำดับโดยเริ่มจากการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรม เช่น ของจริง สื่อการเรียนรู้ที่ รูปธรรม เช่น ภาพ แล้วจึงแนะนำสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ให้ ถูกต้อง นอกจากนั้นผู้สอนต้องเตรียมสื่อการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับเนื้อหาที่กำหนดไว้ในกลุ่มสาระการ เรียนรู้คณิตศาสตร์เสริมให้กับผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นเป็นกรณีพิเศษ เพราะผู้เรียน เหล่านี้จะใช้เวลาในการสร้างความเข้าใจมากกว่าผู้เรียนปกติทั่วไป

การผลิตสื่อเพื่อนำมาใช้ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นมีหลาย ประเภท แต่ละประเภทมีปัจจัยและข้อจำกัดดังต่อไปนี้

1) สื่ออธิบายด้วยตัวอักษรเบรลล์

การผลิตสื่อที่ใช้ตัวอักษรเบรลล์ที่ประกอบด้วยจุดทั้งหมด 6 จุด เรียงกันเป็น 2 แถวในแนวตั้ง โดยใช้การมีจุดและไม่มีจุดเป็นรหัส จุดเหล่านี้จะวางในตำแหน่งต่าง ๆ กันได้ทั้งหมด 63 ตัวอักษร ซึ่ง คำนวณตามหลักการทางคณิตศาสตร์ คือ $2^6 - 1$ ดังตัวอย่าง



ที่มา: <https://www.disabled-world.com/>

กาญจนา โยอินทร์. (2561). thisable.me.

โรงเรียนการศึกษาพิเศษสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นจะผลิตเอกสารทางคณิตศาสตร์ให้ ผู้เรียนได้ใช้เรียน โดยนำหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ที่กระทรวงศึกษาธิการอนุญาตให้ใช้เป็นหนังสือเรียน

มาจัดทำเป็นระบบสัมผัสที่ใช้อักษรเบรลล์สำหรับตัวหนังสือ ตัวเลข และสัญลักษณ์ต่าง ๆ ปัจจุบันมีผู้พัฒนาอักษรเบรลล์ที่ประกอบด้วย 8 จุด ซึ่งสามารถแทนตัวหนังสือ ตัวเลข และสัญลักษณ์ต่าง ๆ 256 ตัวอักษร (Mejia et al, 2021)

การผลิตสื่อคณิตศาสตร์ที่ใช้อักษรเบรลล์มีปัจจัยและข้อจำกัดดังนี้

ปัจจัย	ข้อจำกัด
1. ผู้ผลิตหรือครูผู้สอนมีความเชี่ยวชาญในการใช้อักษรเบรลล์	1. ขาดความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์
2. ต้องมีงบประมาณจัดสรรเพื่อใช้จ้างครูเชี่ยวชาญด้านการใช้อักษรเบรลล์และเครื่องมือหรือโปรแกรมเฉพาะทาง	2. โรงเรียนที่จัดการเรียนแบบรวมหรือจัดการเรียนแบบรวมไม่มีงบประมาณสนับสนุนในการจ้างครูเพื่อสอนผู้เรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นโดยเฉพาะ รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตสื่อ

2) สื่ออธิบายด้วยเสียง

ผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้จากการฟังการอธิบายของผู้สอน ซึ่งผู้สอนอาจบันทึกเสียงการสอนให้ผู้เรียนได้เตรียมบทเรียนก่อนเข้าชั้นเรียนหรือใช้ทบทวนบทเรียนได้

การผลิตสื่อการสอนคณิตศาสตร์ที่บันทึกเสียงการสอนมีปัจจัยและข้อจำกัดดังนี้

ปัจจัย	ข้อจำกัด
1. ผู้ผลิตหรือครูผู้สอนมีความเชี่ยวชาญในการสอนคณิตศาสตร์	1. การนำเสนอเนื้อหาที่จะบันทึกการบรรยายต้องแบ่งเป็นสาระย่อย ๆ ซึ่งอาจทำให้การใช้เวลาสอนมากกว่าเวลาที่กำหนดในแผนการสอนสำหรับเด็กปกติทั่วไป
2. การบันทึกเสียงที่ชัดเจนและใช้ภาษาที่ง่ายต่อการเข้าใจ และอาจใช้สื่อของจริงให้ผู้เรียนสัมผัสได้ เช่น อุปกรณ์การนับจำนวนสื่อเรขาคณิต เป็นต้น	2. ต้องเพิ่มเวลาในการเตรียมสคริปต์ที่ใช้ในการบันทึกเสียง รวมทั้งการจัดทำวีดิทัศน์ประกอบ สำหรับให้ความสะดวกแก่ครูพิเศษเฉพาะทางหรือผู้ปกครองในการช่วยเหลือผู้เรียน
3. การใช้อุปกรณ์หูฟังทำให้ผู้เรียนเรียนเป็นรายบุคคลได้ โดยเสียงไม่รบกวนคนอื่น ๆ และช่วยให้มีสมาธิในการเรียน	3. ต้องจัดเตรียมงบประมาณในการซื้ออุปกรณ์หูฟังเพื่อขจัดเสียงรบกวนต่าง ๆ

3) สื่อออนไลน์คณิตศาสตร์

ปัจจุบันการเรียนรู้แบบออนไลน์มีการใช้กว้างขวางขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ นอกจากนั้นการเรียนรู้แบบออนไลน์ยังช่วยเพิ่มโอกาสในการเรียนรู้ให้แก่ผู้ที่ไม่สามารถเข้าสู่ระบบโรงเรียนด้วยความจำเป็นต่าง ๆ เช่น ผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ซึ่งไม่สามารถเดินทางไปเรียนที่โรงเรียนได้ด้วยตนเอง

เนื่องจากการเรียนรู้แบบออนไลน์เป็นการเรียนรู้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ ดังนั้นสื่อออนไลน์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นจึงเป็นสื่อที่เน้นความสำคัญที่การบันทึกเสียงการบรรยายที่ฟังได้ชัดเจน

ปัจจัย	ข้อจำกัด
1. ผู้ผลิตหรือครูผู้สอนมีความเชี่ยวชาญในการสอนคณิตศาสตร์	1. ผู้ผลิตหรือครูผู้สอนต้องเพิ่มภาระงานในการจัดทำบทเรียนในเวลาจำกัดให้สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน
2. ประสิทธิภาพด้านการใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในการผลิตสื่อออนไลน์	2. ผู้ผลิตหรือครูไม่มีประสิทธิภาพด้านการผลิตสื่อออนไลน์
3. การจัดหาแพลตฟอร์มที่จะนำเสนอสื่อการเรียนการสอนออนไลน์	3. แพลตฟอร์มแต่ละแพลตฟอร์มจะมีเกณฑ์คุณภาพเพื่อพิจารณาการนำเสนอบทเรียน ทำให้กระบวนการผลิตต้องใช้เวลาและงบประมาณในการตรวจสอบคุณภาพบทเรียน
4. เครื่องอำนวยความสะดวกสำหรับผู้เรียน	4. ผู้เรียนที่มีสถานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวในระดับกลางหรือต่ำกว่าจะมีปัญหาในการจัดหาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเรียนรู้

2.5.1 แนวคิดในการผลิตสื่อออนไลน์การเรียนรู้คณิตศาสตร์

เนื่องจากความต้องการในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐานของผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น มุ่งหวังเพื่อให้รอบรู้เกี่ยวกับจำนวนและการแก้โจทย์ปัญหาเช่นเดียวกับผู้เรียนปกติทั่วไป ดังนั้นผู้สอนต้องใช้รูปแบบของการสอนและสื่อการเรียนรู้ที่จะช่วยสร้างแนวคิดในสาระการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร สำหรับการเรียนการสอนในช่วงระบาดของเชื้อโควิด-19 นั้น ผู้สอนต้องปรับเปลี่ยนและยืดหยุ่นกลวิธีในการสอนหลายรูปแบบโดยผสมผสานทั้งการเรียนในชั้นเรียนปกติและการเรียนระบบออนไลน์ ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาและผู้สอนได้พยายามศึกษา

แนวคิดต่าง ๆ ในการผลิตสื่อการเรียนรู้ที่จะสร้างแรงจูงใจและพัฒนาการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพ และประสิทธิผล

การเรียนออนไลน์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากกับการศึกษาไทยและทั่วโลก เนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ตลอดจนความต้องการของผู้เรียนในการเสาะแสวงหาความรู้นอกห้องเรียนจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ต่าง ๆ ที่มีคุณภาพทั่วโลก จากความร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ ในการส่งเสริมครูผู้สอนให้ผลิตบทเรียนออนไลน์ พบว่าครูผู้สอนหลายคนมีศักยภาพในการผลิตสื่อออนไลน์ที่มีคุณภาพได้ อย่างไรก็ตามบทเรียนออนไลน์ส่วนใหญ่ที่มีการผลิตขึ้นมานั้นยังขาดการออกแบบเพื่อให้สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ซึ่งมีความต้องการสื่อการเรียนรู้ที่มีลักษณะพิเศษเพิ่มเติมจากสื่อทั่วไป หากเป็นวิชาอื่น ๆ อาจดำเนินการปรับปรุงได้โดยง่าย เช่น การเพิ่มข้อความเสียง หรือเพิ่มคำบรรยายภาพ เป็นต้น แต่สำหรับวิชาคณิตศาสตร์ รวมไปถึงวิชาอื่น ๆ ที่ต้องอาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์นั้น นับว่าเป็นความท้าทายอย่างมาก เนื่องจากเป็นวิชาที่ต้องมีการอ่านและเขียนสมการ รวมไปถึงการใช้กราฟและแผนภูมิ ซึ่งผู้เรียนต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะ เช่น ไม้บรรทัดและไม้โปรแทรกเตอร์ชนิดพิเศษ กระดานปักหมุด กระดาษไข รวมไปถึงเทคโนโลยี เช่น โปรแกรมอ่านข้อความบนหน้าจอ เครื่องพิมพ์หมึกกานู หรือหน้าจอที่สั่นเมื่อผู้ใช้สัมผัสบริเวณเส้นกราฟ เป็นต้น และจะเพิ่มความท้าทายมากขึ้นไปอีกสำหรับบทเรียนที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนด้วยตนเองได้ โดยผู้พัฒนาบทเรียนจำเป็นต้องทราบข้อจำกัดของผู้เรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น ทราบถึงอุปกรณ์ที่ผู้เรียนใช้ และลักษณะของสื่อที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น เพื่อให้สามารถผลิตสื่อที่มีคุณภาพตามต้องการได้ เช่น การพิมพ์สมการคณิตศาสตร์เพื่อให้โปรแกรมอ่านหน้าจอสามารถอ่านได้อย่างถูกต้อง การใส่ข้อความประกอบกรณีมีการใช้สี การอธิบายรูปทรงสามมิติเพื่อให้ผู้เรียนประกอบรูปจากวัสดุอุปกรณ์ที่มีได้ และการสร้างภาพในแบบเวกเตอร์กราฟิกเพื่อให้สามารถขยายภาพได้โดยที่ภาพไม่แตกและใช้งานร่วมกับเครื่องพิมพ์ยูวี หรือใช้ร่วมกับการวาดลงบนกระดาษไขได้ เป็นต้น

สำหรับโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นเป็นโครงการอบรมครูเพื่อพัฒนาแนวคิดของผู้สอนคณิตศาสตร์และผู้สนใจทั่วไปในการผลิตสื่อออนไลน์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วยเรื่องต่อไปนี้ สื่อการแก้สมการจำนวน 1 เรื่อง สื่อการแก้โจทย์ปัญหาอุปสามเหลี่ยมคล้าย สื่อภาพถ่ายสามด้านของรูปทรงสามมิติที่สร้างจากลูกบาศก์ 1 เรื่อง และสื่อความน่าจะเป็นของการโยนเหรียญ จำนวน 1 เรื่อง โดยเทคนิคที่นำเสนอจะมีความคมชัดสูง สามารถรองรับผู้เรียนปกติอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดีเช่นกัน

2.5.2 แนวคิดในการวัดผลและประเมินผลผู้บกพร่องทางการมองเห็น

ผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นจะใช้เวลาในการทำแบบทดสอบนานกว่าผู้เรียนปกติทั่วไป นอกจากนั้นผู้เรียนบางคนอาจต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการทำแบบทดสอบ เช่น การใช้อักษรเบรลล์ การใช้กราฟิกที่สัมผัสได้ การใช้แว่นขยาย การพิมพ์ที่มีอักษรขนาดใหญ่ การใช้การฟังจากการอ่านของผู้ดำเนินการสอบ (Allman, 2009)

สำหรับการวัดผลและประเมินผลของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติที่ ได้จัดทำคู่มือการจัดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน O-NET (Ordinary National Educational Test) สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ระบุแนวปฏิบัติการสอบสำหรับผู้เข้าสอบที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2564, หน้า 36 – 37) เพื่ออำนวยความสะดวกในการสอบให้กับนักเรียน ดังนี้

กรณีผู้เข้าสอบที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น	แนวปฏิบัติ		
	กรรมการคุมสอบ คนที่ 1	กรรมการคุมสอบ คนที่ 2	หมายเหตุ
ใช้แบบทดสอบอักษรเบรลล์	ช่วยในการระบายคำตอบ	อ่านแบบทดสอบควรเป็นอาจารย์ที่สอนรายวิชานั้น	ต้องไม่เป็นครูโรงเรียนเดียวกับผู้เข้าสอบ
ต้องการผู้ช่วยอ่าน (ใช้แบบทดสอบปกติ)			
ใช้แบบทดสอบอักษรขยาย			

จากแนวปฏิบัติการสอบสำหรับผู้เข้าสอบที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นในรายวิชาคณิตศาสตร์ ผู้อ่านแบบทดสอบควรเป็นผู้สอนคณิตศาสตร์ ดังนั้น โครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น ให้กับโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบเรียนร่วมจะส่งเสริมครูผู้สอนคณิตศาสตร์ให้มีความรู้และประสบการณ์พื้นฐานในการสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและอำนวยความสะดวกในการสอบของสถานศึกษาและการสอบระดับชาติขั้นพื้นฐานด้วย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้มีการดำเนินงานในหลายประเทศ โดยมีสาระของเนื้อหา วิธีการสอน และรูปแบบของการใช้สื่อการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีผลของการวิจัยที่นำมาใช้อ้างอิงเพื่อเป็นแนวทางในการอบรมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นจะเน้นการผลิตสื่อที่ใช้ในการเขียนสมการ การสร้างภาพสามมิติ และการเขียนกราฟและแผนภาพ

2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนสมการคณิตศาสตร์

สมการคณิตศาสตร์เป็นประโยคคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วยนิพจน์ 2 นิพจน์ที่แสดงความเท่ากันโดยใช้เครื่องหมาย “=” เขียนระหว่างนิพจน์ทั้งสอง เช่น $x + 3 = 10$ สมการนี้มีตัวแปรที่ไม่รู้ค่า คือ x ผลรวมของตัวแปรกับจำนวนเต็มบวก 3 คือ นิพจน์ที่อยู่ทางซ้ายของสมการ ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนเต็มบวก 10 ซึ่งอยู่ทางขวามือ การเขียนสมการคณิตศาสตร์จะมีสัญลักษณ์ที่แตกต่างกัน เช่น ตัวเลขแสดงจำนวน เครื่องหมายแสดงการบวกลบคูณหาร การเขียนเลขยกกำลัง การเขียนเครื่องหมายแสดงรากที่สอง รากที่สาม และอื่น ๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับออกแบบการผลิตสื่อเพื่อใช้สอนสมการให้แก่ผู้บกพร่องทางการมองเห็นยังมีไม่มากนัก เพราะการออกแบบต้องตอบสนองให้ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องมือช่วยในการขยายภาพได้คมชัด และรองรับกับเครื่องมือการอ่านหน้าจอ สำหรับโครงการอบรมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้นำแนวคิดของการเขียนสมการโดยใช้ชุดคำสั่ง LaTeX ที่สามารถใช้งานได้ฟรี

การเขียนสมการโดยใช้ LaTeX และการอ่าน

LaTeX เป็นชุดคำสั่งที่ใช้จัดเตรียมเอกสารประกอบด้วยอักขระพิเศษ ในการจัดทำสื่อออนไลน์ที่จะสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น และการแสดงผลของชุดคำสั่งที่เขียนสมการได้ถูกต้อง รวมทั้งรองรับกับเครื่องมือการอ่านหน้าจอและการเรียนรู้ระบบออนไลน์ทุกประเภท การพิมพ์ข้อความทางคณิตศาสตร์โดยใช้ชุดคำสั่ง LaTeX สามารถนำไปร่วมกับโปรแกรมอื่น ๆ เช่น โปรแกรมการแปลงการแสดงผลสมการเป็นอักษรเบรลล์ การแปลงการแสดงผลสมการเป็นภาษาอังกฤษ หรือภาษาของแต่ละชาติที่ใช้การอ่านภาษาคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน (Isaila & Smeureanu, 2010)

สำหรับประเทศไทยมีการศึกษาและพัฒนาระบบการอ่านนิพจน์คณิตศาสตร์อัตโนมัติสำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ที่เรียกชื่อระบบว่า i-Math ซึ่งทดลองกับนักเรียนผู้บกพร่องทางการมองเห็นระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ของโรงเรียนมัธยมศึกษา 2 โรงเรียนในภาคกลางของประเทศไทย จำนวน 78 คน และครู 6 คน โดยครูเป็นผู้เตรียมเอกสารการสอนและระบบการอ่าน i-Math ให้นักเรียนไปศึกษาและทำการบ้านส่ง Wongkia, Naruedomkul & Cercone, (2012) ได้จัดทำแบบทดสอบให้นักเรียนอ่านคำสั่งโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีนิพจน์ทางคณิตศาสตร์ แล้วให้นักเรียนเขียนคำตอบตามที่ได้เรียนรู้จากระบบการอ่านอัตโนมัติ i-Math ดังตัวอย่างต่อไปนี้

No.	Math Test
P001	จงหาค่าของ $24 \times 6 \div 3$
P022	จงหาค่าของ $2^2 + 3^2$
P045	จงหาค่าของ $\sqrt{625} + \sqrt[4]{64}$
P062	จงหาค่าของ x จากสมการ $\frac{x-1}{x+1} = \frac{x-2}{x+2}$
P077	จงหาค่าของ x จากสมการ $\sqrt{x-2} = \sqrt{25}$
P096	กำหนดให้ $9^x = 3^{x+5}$ จงหาค่าของ x ที่ทำให้สมการเป็นจริง
P112	น้ำตาลทราย $5\frac{1}{4}$ กิโลกรัม แบ่งใส่ถุง ถุงละ $\frac{3}{4}$ กิโลกรัม จะแบ่งใส่ถุง ได้ทั้งหมดกี่ถุง

ผู้วิจัยดังกล่าวได้นำคำอ่านของนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองการใช้ระบบการอ่าน i-Math จำนวน 78 คนไปประเมินผลของการใช้ระบบการอ่าน โดยคำนวณหาร้อยละของนักเรียนจากคำตอบที่ได้ใน 3 ประเด็น คือ การเขียนคำอ่านที่ขาดบางคำ (missing words) การเขียนคำอ่านที่ไม่ถูกต้อง (incorrect words) และการเขียนคำอ่านได้ถูกต้อง (correct words) โดยผลการวิจัยพบว่า การเขียนคำอ่านที่ขาดบางคำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 6.26 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.96 การเขียนคำอ่านไม่ถูกต้องมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.45 และการเขียนคำอ่านได้ถูกต้องมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 89.10 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 8.08 สำหรับการประเมินความคิดเห็น พบว่า การใช้ระบบการอ่าน i-Math ทำได้ง่าย ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีความสุขต่อการเรียนคณิตศาสตร์

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พัฒนาระบบแปลงนิพจน์คณิตศาสตร์เป็นข้อความภาษาไทย (อัจฉรา ธานีกุล และ พุทธศติ ศิริแสงตระกูล, 2558) โดยข้อมูลที่น่าเข้าสู่สร้างโดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Word 2007 โปรแกรม Microsoft Office Open XML และชุดคำสั่ง LaTeX แล้วแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปโครงสร้าง XML ซึ่งเป็นโครงสร้างแม่แบบของระบบ หลังจากนั้นทำการแปลงข้อมูลจาก XML tag เป็นข้อความภาษาไทย ซึ่งสามารถแปลงนิพจน์ที่ใช้ในการเรียนจากระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 232 นิพจน์ และทดสอบโดยอาจารย์ผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 12 คน ผลการทดสอบมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 91.81 ผู้วิจัยเรื่องนี้ได้นำตัวอย่างนิพจน์ที่น่าเข้าสู่โดยใช้ชุดคำสั่ง LaTeX และแสดงข้อมูล คำสั่ง Open Office XML และผลลัพธ์จากระบบเป็นข้อความภาษาไทย ดังนี้

นิพจน์คณิตศาสตร์:

$$3x + 5y^2 = 5$$

LaTeX Format:

$$3x+5y^{2}=5$$

Open Office XML Format:

```
<m:oMathPara>
  <m:oMath>
    <m:t>3x+</m:t>
    <m:sSup>
      <m:e>
        <m:t>5y</m:t>
      </m:e>
      <m:sup>
        <m:t>2</m:t>
      </m:sup>
    </m:sSup>
    <m:t>=5</m:t>
  </m:oMath>
</m:oMathPara>
```

ข้อความภาษาไทย :

“สามคูณเอ็กซ์บวกห้าคุณว้ายยกกำลังสองเท่ากับห้า”

เนื่องจากชุดคำสั่ง LaTeX เป็นชุดคำสั่งที่แสดงผลข้อมูลที่น่าไปแปลงเป็นรหัสให้สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมอื่น ๆ ได้ และสามารถใช้งานได้ฟรี ดังนั้น โครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นได้นำเสนอเรื่อง การใช้ชุดคำสั่ง LaTeX ในการเขียนนิพจน์ทางคณิตศาสตร์สำหรับผลิตสื่อออนไลน์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

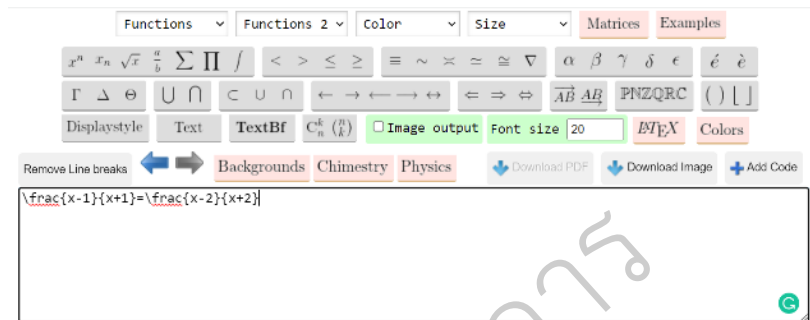
ตัวอย่างการพิมพ์เลขยกกำลัง

The screenshot shows a LaTeX editor interface. At the top, there are dropdown menus for 'Functions', 'Functions 2', 'Color', and 'Size', along with 'Matrices' and 'Examples' buttons. Below these are several rows of mathematical symbols and operators. The main input area contains the text '3x+5y^(2)=5'. Below the input area, there are buttons for 'Remove Line breaks', 'Backgrounds', 'Chemistry', 'Physics', 'Download PDF', 'Download Image', and 'Add Code'. The rendered output of the input is shown as '3x + 5y^2 = 5'.

$$3x + 5y^2 = 5$$

จากตัวอย่าง $3x+5y^{\wedge}\{2\}=5$ ที่เขียนในกรอบสี่เหลี่ยมเป็นข้อความที่เขียนโดยใช้ชุดคำสั่ง LaTeX สำหรับคำสั่งที่ใช้เขียนเลขยกกำลังสามารถเลือกได้จากเมนูที่ปรากฏบนหน้าจอ เมื่อใดที่พิมพ์ชุดคำสั่งจะพบว่าการแสดงผลจะปรากฏให้เห็นด้านล่างของกรอบสี่เหลี่ยม

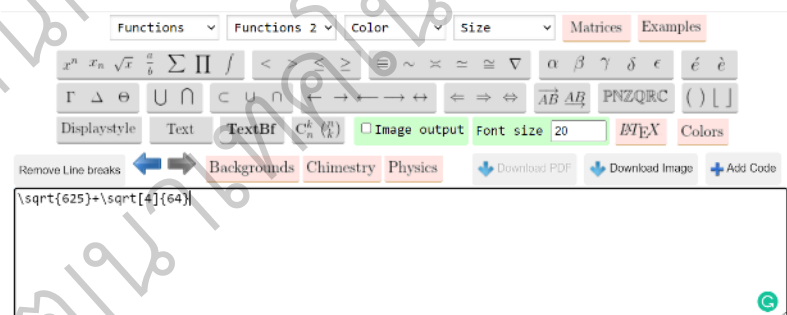
ตัวอย่างการพิมพ์เศษส่วน



$$\frac{x-1}{x+1}=\frac{x-2}{x+2}$$

จากตัวอย่าง $\frac{x-1}{x+1}=\frac{x-2}{x+2}$ ที่เขียนในกรอบสี่เหลี่ยมเป็นข้อความที่เขียนโดยใช้ชุดคำสั่ง LaTeX สำหรับคำสั่งที่ใช้เขียนเศษส่วนสามารถเลือกได้จากเมนูที่ปรากฏบนหน้าจอ เมื่อคลิกที่เมนู $\frac{a}{b}$ จะมีชุดคำสั่งเป็น $\frac{\{ \}}{\{ \}}$ พจน์หรือนิพจน์ที่อยู่ในวงเล็บหน้า คือ ตัวเศษ และวงเล็บหลัง คือ ตัวส่วน

ตัวอย่างการพิมพ์เครื่องหมายราก



$$\sqrt{625}+\sqrt[4]{64}$$

จากตัวอย่าง $\sqrt{625}+\sqrt[4]{64}$ ที่เขียนในกรอบสี่เหลี่ยมเป็นข้อความที่เขียนโดยใช้ชุดคำสั่ง LaTeX สำหรับคำสั่งที่ใช้เขียนจำนวนที่มีเครื่องหมายราก สามารถเลือกได้จากเมนูที่ปรากฏบนหน้าจอ \sqrt{x} เมื่อคลิกที่เมนู จะมีชุดคำสั่งที่เป็นรากที่สอง $\sqrt{\{ \}}$ และพิมพ์พจน์หรือนิพจน์ในเครื่องหมายปีกกา ถ้าเป็นรากอื่น ๆ ให้กดเมนู \sqrt{x} และเลือกคำสั่ง $\sqrt[\wedge]{x}$ จะมีชุดคำสั่งที่เป็นรากใด ๆ $\sqrt[\wedge]{\{ \}}$ และพิมพ์ตัวเลขกำกับรากในเครื่องหมาย $[\{ \}$ ตามด้วยพจน์หรือนิพจน์ในเครื่องหมายวงเล็บปีกกา

การอ่านนิพจน์ทางคณิตศาสตร์จากการแสดงผลของการใช้ชุดคำสั่ง LaTeX ของแต่ละประเทศเพื่อช่วยผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นได้มีความเข้าใจที่ถูกต้องนั้น ผู้ออกแบบ

โปรแกรมต้องพัฒนาคำสั่งที่ควบคุมจังหวะของเสียงที่ใช้การอ่านนิพจน์และสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการรับรู้ข้อมูล ตัวอย่างเช่น การใช้โปรแกรม MathTalk ที่ออกแบบโดย Stevens & Edwards (1994) อ่านสมการ $3x + 4 = 7$ จะใช้จังหวะของการอ่าน $3x$, 4 , 7 และเครื่องหมาย $+$ และ $=$ ที่ใช้จังหวะการหยุดที่แตกต่างกัน การพัฒนาซอฟต์แวร์การแปลงตัวอักษรและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เป็นภาษาพูดมีหลากหลายภาษาที่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เช่น MathML ใช้การอ่านนิพจน์คณิตศาสตร์ที่แสดงผลจากข้อมูลที่ใช้ชุดคำสั่ง LaTeX หรือ MathType และอ่านเป็นภาษาอังกฤษ

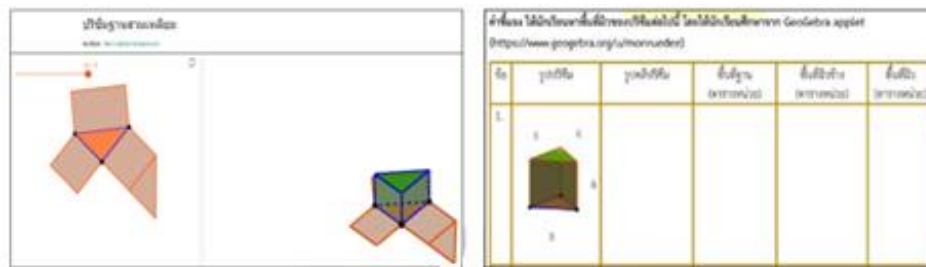
สำหรับโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้แนะนำการใช้โปรแกรมอ่านหน้าจอ (screen reader) ที่สมาคมคนตาบอดแห่งประเทศไทยอนุญาตให้ใช้ได้ แต่โปรแกรมนี้ใช้เฉพาะการอ่านข้อความที่ไม่มีสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างภาพเรขาคณิตสามมิติด้วย GeoGebra

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้กำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ส่วนประกอบของรูปทรงเรขาคณิต ได้แก่ ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก ทรงกลม และกรวยกลม การหาปริมาตรและพื้นที่ผิวของรูปทรงแต่ละชนิด รวมทั้งการมองรูปทรงสามมิติทางด้านหน้า ด้านบน และด้านข้าง การเรียนรู้โดยใช้สื่อการสอนที่เป็นของจริง จะช่วยให้ผู้เรียนได้สัมผัสส่วนประกอบต่าง ๆ ของรูปทรง ซึ่งจะสร้างความรู้และความเข้าใจได้ถูกต้อง ในปัจจุบันมีโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตที่ครูผู้สอนสามารถนำมาใช้สร้างสื่อการสอนได้ เช่น โปรแกรม Geometer's Sketchpad (GSP) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ซื้อลิขสิทธิ์จาก Key Curriculum Press และสถานศึกษาต้องสั่งซื้อโปรแกรมดังกล่าวสำหรับ โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมที่ใช้งานได้ฟรี และยังมีโปรแกรมอื่น ๆ อีก สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนเรขาคณิตสามมิติเป็นงานวิจัยที่ทดลองใช้กับผู้เรียนปกติสำหรับผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางสายตา แต่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้บกพร่องทางสายตาจะใช้สื่อการสอนที่เป็นสื่อสัมผัส อย่างไรก็ตามการใช้สื่อการสอนที่เป็นการเขียนภาพเรขาคณิตสามมิติในหนังสือเรียนและเอกสารข้อสอบต่าง ๆ สำหรับครูผู้สอนยังมีความจำเป็นที่จะต้องหาเครื่องมือหรือเทคโนโลยีช่วยในการออกแบบ ดังตัวอย่างงานวิจัยต่อไปนี้

มลฤดี มณีล้ำ และ ไพรินทร์ สุวรรณศรี (2564) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบพลวัต GeoGebra เรื่อง ปริซึม เพื่อเพิ่มความคิดเชิงเรขาคณิตสามมิติ โดยจัดกิจกรรมผ่านสื่อออนไลน์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมจำนวน 4 ชุด ประกอบด้วย ชุดที่ 1 เรื่อง การสร้างรูปปริซึมต่าง ๆ ชุดที่ 2 เรื่องรูปคลี่ของปริซึมแบบต่าง ๆ ชุดที่ 3 เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมแบบต่าง ๆ และชุดที่ 4 เรื่อง การหาปริมาตรของปริซึมแบบต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบพลวัต GeoGebra สามารถเพิ่มความคิดเชิงเรขาคณิตสามมิติของผู้เรียน

ผู้เรียนสามารถวาดรูปปริซึมเชื่อมโยงจากรูปเรขาคณิตสองมิติและสร้างรูปคลี่ของปริซึมแบบต่าง ๆ ได้อีกทั้งยังเพิ่มทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม สำหรับตัวอย่างของชุดกิจกรรมมีดังนี้



Fitzpatrick, Murray, Leendert, Pawlowska & Rubin (2018) ได้ศึกษาเกี่ยวกับนักเรียนตาบอดและนักเรียนผู้บกพร่องทางการมองเห็น (blind and visually impaired students) ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ในการเรียนรู้เรื่องกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของสองตัวแปรโดยเปรียบเทียบผลของการใช้สื่อที่เป็นเสียง (audio format) และสื่อที่สัมผัสได้ (tactile format) พบว่า การใช้สื่อสัมผัสจะช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีกว่าสื่อที่เป็นเสียง นอกจากนี้การใช้ซอฟต์แวร์ GeoGebra ที่แสดงการโต้ตอบและการประยุกต์ความรู้ในเรื่องเรขาคณิต พีชคณิต สถิติ และแคลคูลัส ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาถึงระดับมหาวิทยาลัย แต่ส่วนใหญ่ครูคณิตศาสตร์จะใช้ซอฟต์แวร์นี้ในระดับมัธยมศึกษาสำหรับนักเรียนปกติ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยดังกล่าวได้เสนอแนะว่า ผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นส่วนใหญ่สามารถเข้าถึง (accessible) ซอฟต์แวร์นี้ได้ แต่ไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้กับนักเรียนตาบอด (blind students)

Quinlan (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างภาพกราฟิกด้วย GeoGebra สามารถนำภาพที่สร้างไปใช้แสดงข้อมูลในเอกสารที่ใช้ร่วมกับชุดคำสั่ง LaTeX รวมทั้งไฟล์กราฟิกอื่น ๆ ที่เป็นประเภท vector graphics ได้แก่ SVG (Scalable Vector Graphic) PDF (Portable Document Format) และ ESP (Encapsulated Postscript)

สำหรับโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น ได้เรียนรู้ลักษณะของสื่อออนไลน์ที่ผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเรียนรู้ได้ การพิมพ์สมการในรูปแบบ LaTeX การสร้างภาพ Vector Graphics

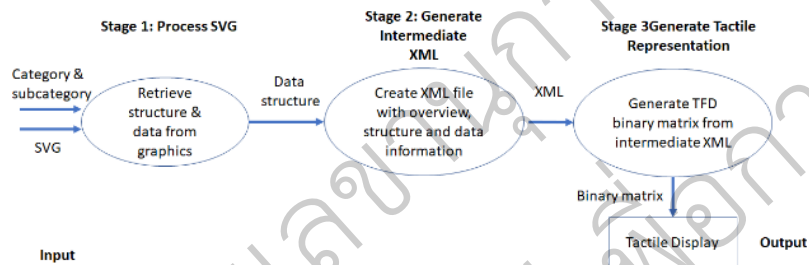
2.6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนกราฟและแผนภาพ

กราฟและแผนภาพทางคณิตศาสตร์ เป็นรูปแบบของการสื่อความหมายที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ตัวอย่างเช่น กราฟเส้น แผนภูมิแท่ง แผนภูมิวงกลม และแผนภาพหรือแผนผังแสดงโครงสร้างของการดำเนินการต่าง ๆ การสร้างสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ในเรื่องนี้เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น จะต้องเน้นประสิทธิภาพของการใช้ที่ผู้เรียนสามารถย่อหรือ

ขยายภาพให้มีความคมชัดของภาพที่ส่ม่าเสมอ รวมทั้งการใช้สีที่แสดงในภาพให้มีความเหมาะสม สำหรับการมองเห็นและการเรียนรู้ ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังต่อไปนี้

Maćkowski, Brzoza, Meisel, Bas, & Spinczyk (2020) ได้ศึกษาเรื่อง แพลตฟอร์ม สำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กราฟิกเสียงสัมผัส (audio-tactile graphic) สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น โดยภาพของกราฟดังกล่าวเขียนโดยใช้ vector graphics และบันทึกเป็นไฟล์ SVG (Scalable Vector Graphics) ซึ่งสามารถแสดงภาพบนเว็บไซต์ได้ชัดเจนและคงสภาพเดิมของภาพในระหว่างการเคลื่อนที่ภาพนั้น ๆ

Bose, Bauer, & Jürgensen (2020) ได้ศึกษาการใช้ Machine Learning Models สำหรับการพัฒนาระบบ Comprehensive Accessibility สำหรับผู้บกพร่องทางสายตา โดยใช้รูปแบบการแปลงไฟล์ ดังนี้



ที่มา: Bose, Bauer, & Jürgensen (2020)

สำหรับโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น ได้เรียนรู้ลักษณะของสื่อออนไลน์ที่ผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเรียนเรื่องกราฟและแผนภูมิ โดยใช้เครื่องมือพื้นฐานของการเขียนกราฟและแผนภาพ ได้แก่ vector graphics เพื่อให้ผู้เรียนที่บกพร่องทางสายตาและนักเรียนปกติทั่วไปสามารถเรียนรู้จากสื่อการสอนที่ครูผลิตได้อย่างชัดเจน

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

3.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น ประกอบไปด้วยการทบทวนวรรณกรรม การสัมภาษณ์ครูผู้สอนและผู้บริหารสถานศึกษาที่มีการสอนคณิตศาสตร์ให้กับผู้บกพร่องทางการมองเห็น ซึ่งข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวมมีดังต่อไปนี้

- 1) ลักษณะความบกพร่องทางการมองเห็นของผู้เรียน
- 2) สื่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น
- 3) วิธีการสอนคณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น
- 4) รูปแบบสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่ผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเรียนรู้ได้

ข้อมูลที่ได้นำไปใช้วิเคราะห์รูปแบบของสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่ผลิตขึ้นสำหรับผู้เรียนทั่วไปในปัจจุบัน เพื่อระบุคุณลักษณะที่ต้องทำการปรับปรุงเพื่อให้ผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเรียนรู้ได้

3.2 ขั้นตอนการพัฒนาสื่อต้นแบบ

หลังจากที่ทราบคุณลักษณะของสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นแล้ว ผู้ดำเนินโครงการได้พัฒนาสื่อต้นแบบเพื่อให้กลุ่มเป้าหมายหลักซึ่งเป็นครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ผู้ผลิตสื่อ และผู้สนใจทั่วไปได้ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงสื่อการสอนของตนเองให้ผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเรียนรู้ได้ โดยสื่อต้นแบบตัวอย่างสอดคล้องกับเนื้อหาในหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นประกอบด้วย

- 1) สมการ – เนื่องจากสื่อการเรียนคณิตศาสตร์มักเต็มไปด้วยสมการซึ่งหากไม่จัดทำหรือนำเสนอย่างเหมาะสมจะทำให้ผู้บกพร่องทางการมองเห็นไม่สามารถเรียนรู้ได้
- 2) ภาพสามมิติ – การแสดงภาพสามมิติต้องมีการบรรยายประกอบเพื่อให้ผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเข้าใจได้
- 3) ความน่าจะเป็น – แสดงเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นผลจากการทดลอง โดยใช้ไดอะแกรมในการสร้างแนวคิดและหลักการ

สื่อต้นแบบตัวอย่างของบทเรียนที่พัฒนาขึ้นจะได้รับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปเผยแพร่

3.3 ขั้นตอนการพัฒนาสื่อแนะนำวิธีการผลิตสื่อออนไลน์

ขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาสื่อการอบรมสำหรับโครงการส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น โดยมีวัตถุประสงค์ของการพัฒนาสื่อการอบรมดังนี้

- 1) อธิบายลักษณะของสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นได้
- 2) ใช้เครื่องมือสำหรับสร้างสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นได้
- 3) ปรับปรุงสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่มีอยู่ให้สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นได้

เอกสารแนะนำวิธีการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ ประกอบด้วยเนื้อหาต่อไปนี้

1. การเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น
 - 1.1 ลักษณะการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่โรงเรียนคนตาบอด
 - 1.2 กลุ่มความบกพร่องทางการมองเห็นที่สอดคล้องกับการเรียนคณิตศาสตร์
 - 1.3 คุณลักษณะของสื่อคณิตศาสตร์ที่ผู้ปกครองทางการมองเห็นสามารถเรียนรู้ได้
2. การใส่สมการในบทเรียน
 - 2.1 สมการคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่ผู้ปกครองทางการมองเห็นสามารถเข้าใจได้
 - 2.2 เครื่องมือช่วยในการพิมพ์สมการในรูปแบบ LaTeX
 - 2.3 การใส่สมการใน Open edX, Moodle, Microsoft Forms, และเว็บไซต์ทั่วไป
3. การปรับสื่อรูปภาพ
 - 3.1 การปรับสื่อรูปภาพสำหรับผู้เรียนตาบอดสี
 - 3.2 การใส่ข้อความแสดงแทน
 - 3.3 การสร้างภาพเวกเตอร์กราฟิกส์ด้วยเว็บแอปพลิเคชัน
4. การปรับสื่อวิดีโอและข้อสอบ
 - 4.1 การเพิ่มเสียงบรรยายในสื่อวิดีโอสำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น
 - 4.2 การเพิ่มคำบรรยายในข้อสอบสำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น

3.4 ขั้นตอนการอบรมและเผยแพร่

ขั้นตอนนี้เป็นการอบรมและเผยแพร่ความรู้สำหรับโครงการส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น โดยดำเนินงานได้จัดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในโครงการ ดังนี้

1. รูปแบบการอบรมออนไลน์สำหรับครูผู้สอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนที่มีการจัดการศึกษาแบบเรียนร่วมในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา 62 เขต และอยู่ใน 5 ภาค ได้แก่ กรุงเทพมหานคร

ภาคกลางและภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และ ภาคเหนือ ซึ่งมีครูผู้สอนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่เป็นประชากร 1,481 คน และใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 94 คน ตามสูตรของ Yamane (จักรกฤษณ์ สำราญใจ, 2551) โดยใช้รูปแบบการอบรมออนไลน์ จำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ให้ความรู้และการปฏิบัติ และ ครั้งที่ 2 การติดตามและประเมินผลงาน

2. รูปแบบการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสื่อวิดีโอเป็นหลัก ประกอบกับกิจกรรมอื่น ๆ ได้แก่ แบบทดสอบ แบบสอบถาม และการส่งผลงานสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่ผ่านการปรับแก้เพื่อให้สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น รายวิชาจะถูกพัฒนาขึ้นบนระบบคลาวด์ภายใต้แพลตฟอร์ม Open edX และเมื่อผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและทดลองใช้งานแล้วจะทำการขอใช้พื้นที่บนแพลตฟอร์ม ThaiMOOC เพื่อให้รายวิชาสามารถเผยแพร่ต่อไปได้ภายหลังสิ้นสุดโครงการรวมชั่วโมงการเรียนรู้ 5 ชั่วโมง (เรียนจากสื่อวิดีโอ 3 ชั่วโมง 5 นาที)

3.5 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความรู้ก่อนและหลังการอบรม ผลงานผลิตสื่อคณิตศาสตร์ของครูผู้รับการอบรมอย่างน้อย 1 ชิ้นงาน ตามเกณฑ์ที่กำหนด และสอบถามความพึงพอใจในการอบรม

ส่วนที่ 2 ผู้ที่เข้ามาเรียนในบทเรียนออนไลน์ที่เผยแพร่ในแพลตฟอร์ม ThaiMOOC โดยข้อมูลที่เก็บประกอบไปด้วยจำนวนผู้เข้าเรียน จำนวนผู้ที่เรียนผ่านรายวิชาและความพึงพอใจ

3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เปรียบเทียบความรู้ก่อนและหลังการอบรม โดยใช้ paired t-test ประเมินผลงานผลิตสื่อคณิตศาสตร์ของครูผู้รับการอบรม โดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด วิเคราะห์ความพึงพอใจในการอบรม และสรุปผล

ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ความพึงพอใจในการเข้าเรียนบทเรียนออนไลน์ที่เผยแพร่ในแพลตฟอร์ม ThaiMOOC และสรุปผล

หมายเหตุ แบบประเมินตนเองด้านความรู้และแบบสอบถามความพึงพอใจของโครงการนี้เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) มี 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท

5	หมายถึง	มีความรู้/ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความรู้/ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
3	หมายถึง	มีความรู้/ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	มีความรู้/ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
1	หมายถึง	มีความรู้/ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

โครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น โดยใช้อบรมออนไลน์รูปแบบ Zoom และเพื่อเผยแพร่ความรู้ในการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC)

ผลการดำเนินงานวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น

4.1 ผลการพัฒนาสื่อการอบรม

เอกสารเทคนิคการผลิตสื่อ (เว็บไซต์: <https://www.visualmath.pongrapee.net/>)

เอกสารประกอบด้วยเนื้อหาต่อไปนี้

- การเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น
- องค์ประกอบของสื่อ: การเรียนในชั้น การเรียนออนไลน์
- รูปภาพในสื่อออนไลน์: ราสเตอร์กราฟิกส์ เวกเตอร์กราฟิกส์
- การใส่ข้อความแสดงแทน หรือ Alt Text
- การสร้างกราฟและแผนภูมิ: กราฟของฟังก์ชัน กราฟในการนำเสนอข้อมูล แผนภาพและแผนภูมิ โดยใช้ diagrams.net และ GeoGebra
- การสร้างรูปเรขาคณิต: GeoGebra 2D และ GeoGebra 3D
- อินโฟกราฟิกส์
- การเขียนสมการ: ใน Word ในไฟล์ PDF บนหน้าเว็บ
- ชุดคำสั่ง LaTeX
- การบรรยายในสื่อวิดีโอ
- การสร้างข้อสอบ: Microsoft Forms

ตัวอย่างสื่อต้นแบบการสอนคณิตศาสตร์

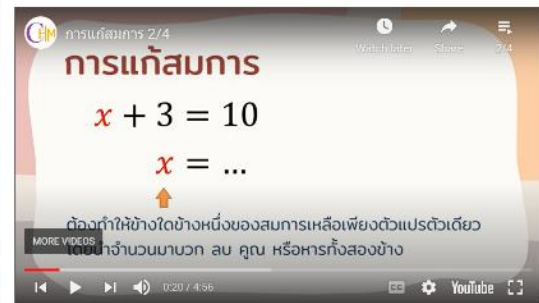
สื่อต้นแบบประกอบด้วยเนื้อหาต่อไปนี้

- วิดีโอบทเรียน เรื่อง การแก้สมการ
- วิดีโอบทเรียน เรื่อง ลูกบาศก์
- วิดีโอบทเรียน เรื่อง รูปเรขาคณิตที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์
- แบบทดสอบออนไลน์ Microsoft Forms

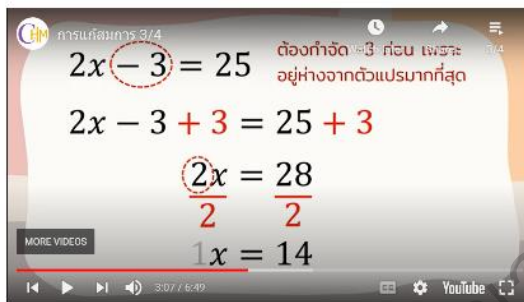
วิดีโอบทเรียน เรื่อง การแก้สมการ



VDO 1/4



VDO 2/4



VDO 3/4



VDO 4/4

ภาพที่ 4.1 VDO บทเรียนเรื่องการแก้สมการ

วิดีโอบทเรียน เรื่อง ลูกบาศก์



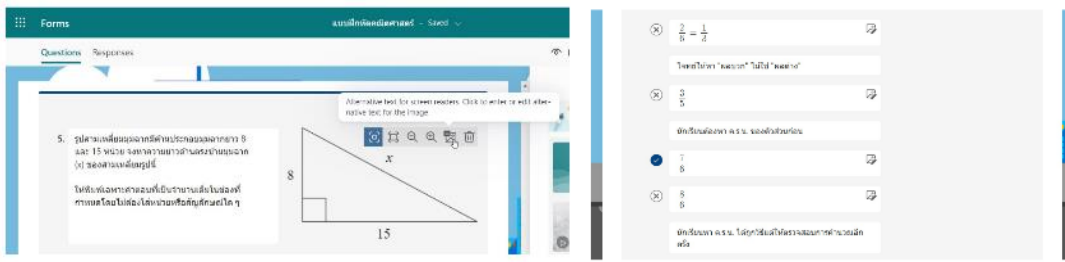
ภาพที่ 4.2 VDO เรื่อง ลูกบาศก์ และการมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน

วิดีโอบทเรียน เรื่อง รูปเรขาคณิตที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์



ภาพที่ 4.3 ภาพด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของรูปเรขาคณิตที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์

แบบทดสอบออนไลน์ Microsoft Forms



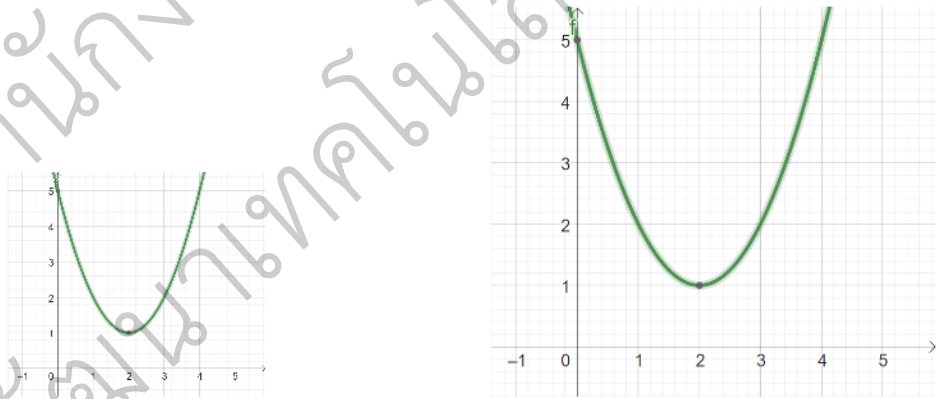
ภาพที่ 4.4 การสร้างแบบทดสอบโดยใช้ Microsoft Forms และการแทรกรูปและ Alt Text

4.2 ผลการตรวจคุณภาพของสื่อการอบรม

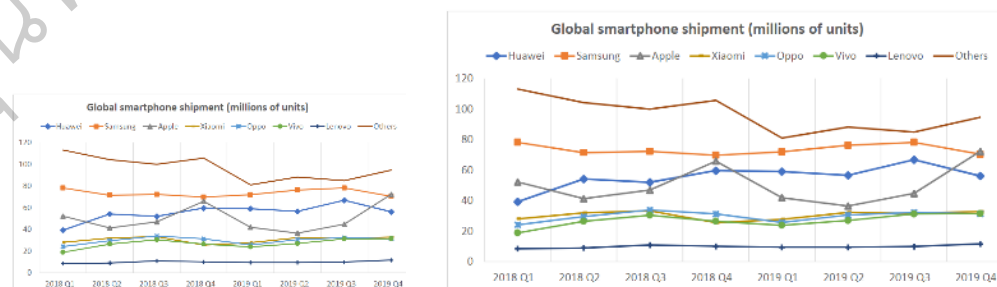
การตรวจสอบคุณภาพของสื่อการอบรมได้ผลการตรวจสอบ ดังนี้

เอกสารเทคนิคการผลิตสื่อ

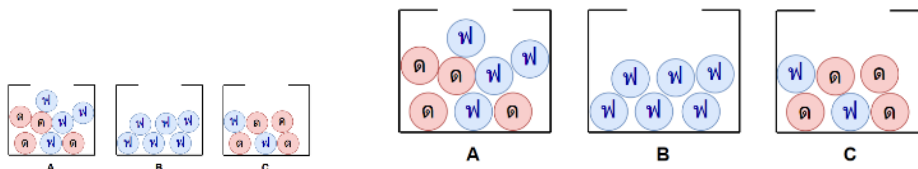
เทคนิคการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของการผลิตที่ใช้แต่ละเทคนิคได้นำไปทดลองปฏิบัติเพื่อใช้เป็นการศึกษานำร่อง ก่อนนำไปจัดทำเอกสารที่ใช้ประกอบการอบรมครูผู้สอนผลิตสื่อการสอนออนไลน์เพื่อสนับสนุนผู้บกพร่องทางการมองเห็น โดยผู้รับผิดชอบโครงการได้สำรวจคุณภาพของสื่อที่ผลิตในแพลตฟอร์มต่าง ๆ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต โทรศัพท์มือถือ พบว่า สื่อที่ผลิตโดยใช้เทคนิคที่แนะนำในเอกสารมีคุณภาพด้านความคมชัดตลอดเวลาที่ย่อหรือขยายภาพและตัวอักษร ดังภาพที่ 4.5



(ก) สื่อการสอนกราฟของฟังก์ชันโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ภาพคมชัดขณะที่ย่อและขยาย



(ข) สื่อการสอนกราฟเส้นที่นำออกจาก Excel เป็นไฟล์ SVG ที่ภาพคมชัดขณะย่อและขยาย



(ค) สื่อการสอนความน่าจะเป็นโดยใช้แอปพลิเคชันบนเว็บ diagram.net ที่ภาพคมชัดขณะย่อและขยาย

ภาพที่ 4.5 ภาพย่อและขยายในแพลตฟอร์มต่าง ๆ โดยใช้เวกเตอร์กราฟิกส์

ตัวอย่างสื่อต้นแบบการสอนคณิตศาสตร์

การตรวจคุณภาพก่อนนำไปใช้ในการอบรมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นได้ดำเนินการ 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินด้านเนื้อหาและด้านสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 3 คน โดยใช้เกณฑ์การประเมิน 3 ค่า ที่มีความหมายดังนี้

+1 หมายถึง เหมาะสม 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ - 1 หมายถึง ไม่เหมาะสม

ซึ่งได้ผลการตรวจคุณภาพดังตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพตัวอย่างสื่อต้นแบบการสอนคณิตศาสตร์ด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	ค่า IOC
	1	2	3		
เนื้อหาสาระมัธยมศึกษาตอนต้น					
1. เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับหลักสูตร	+1	+1	+1	3	1.00
2. เนื้อหาสาระมีความถูกต้อง	+1	+1	+1	3	1.00
3. เนื้อหาสาระมีการจัดเรียงลำดับที่เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
4. เนื้อหาสาระที่นำเสนอมีความสมบูรณ์	+1	+1	0	2	0.67
5. เนื้อหาสาระที่นำเสนอเหมาะสมกับธรรมชาติวิชา	+1	+1	+1	3	1.00
ค่า IOC เฉลี่ยรวม					0.93

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านการเรียนรู้ของผู้บกร่องทางการมองเห็น

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	ค่า IOC
	1	2	3		
สื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น					
1. ผู้เรียนที่ตาบอดสามารถเรียนจากสื่อออนไลน์นี้ได้	+1	+1	+1	3	1.00
2. ผู้เรียนที่มองเห็นเลือนรางสามารถเรียนจากสื่อออนไลน์นี้ได้	+1	+1	+1	3	1.00
3. สื่อออนไลน์นี้เข้ากันได้กับวิธีการเรียนรู้ของผู้บกร่องทางการมองเห็น รวมถึงอุปกรณ์ที่ผู้เรียนมีอยู่สามารถใช้ได้	+1	+1	0	2	0.67
4. รูปแบบการนำเสนอมีความเหมาะสมสำหรับผู้บกร่องทางการมองเห็น	+1	+1	0	2	0.67
5. สื่อออนไลน์นี้ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ที่เท่าเทียม โดยทั้งผู้เรียนปกติและผู้บกร่องฯ สามารถใช้ร่วมกันได้	+1	+1	+1	3	1.00
ค่า IOC เฉลี่ยรวม					0.87

จากตารางที่ 4.1 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 0.93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์การยอมรับ 0.50 (บุญธรรม กิจปรีดาภิรัชต์, 2551) สำหรับรายการที่ 4 เรื่อง “เนื้อหาที่นำเสนอมีความสมบูรณ์” ได้ค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ 0.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์การยอมรับ 0.50 แต่ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ไม่แน่ใจเกี่ยวกับการนำเสนอวิธีลัดที่ใช้คำว่า “ย้ายข้าง” ในการแก้สมการ

สำหรับตารางที่ 4.2 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ด้านการสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกร่องทางการมองเห็นมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 0.87 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์การยอมรับ 0.50 สำหรับรายการที่ 3 เรื่อง “สื่อออนไลน์นี้เข้ากันได้กับวิธีการเรียนรู้ของผู้บกร่องทางการมองเห็น รวมถึงอุปกรณ์ที่ผู้เรียนมีอยู่สามารถใช้ได้” และรายการที่ 4 เรื่อง “รูปแบบการนำเสนอมีความเหมาะสมสำหรับผู้บกร่องทางการมองเห็น” ได้ค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ 0.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์การยอมรับ 0.50 แต่ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ไม่แน่ใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ผู้เรียนมีอยู่จะสามารถนำไปใช้ได้กับรูปแบบที่นำเสนอหรือไม่

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการใช้สื่อต้นแบบกับกลุ่มเล็กที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เข้ารับการอบรม จำนวน 10 คน คัดเลือกโดยวิธีเฉพาะเจาะจงครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อหาความเหมาะสมของวิดีโอบทเรียนตัวอย่างคณิตศาสตร์ ก่อนนำไปอบรมครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่างของโครงการส่งเสริมครูผู้สอนคณิตศาสตร์ผลิตสื่อออนไลน์เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกร่องทางการมองเห็น โดยให้ครูในกลุ่มนี้แสดงความคิดเห็นเพื่อประเมินความเหมาะสมใน 3 ประเด็น คือ ด้าน

เนื้อหา ด้านองค์ประกอบของสื่อ และด้านการนำไปใช้ การประเมินความเหมาะสมแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ผลประเมินความคิดเห็นด้านความเหมาะสมของวิดีโอบทเรียนตัวอย่าง เรื่อง (1) การแก้สมการ (2) ลูกบาศก์ (3) รูปเรขาคณิตที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์การแก้สมการ ซึ่งการสรุปผลสำรวจความเหมาะสมมีเกณฑ์การให้คะแนนการประเมินแต่ละระดับโดยใช้ค่าคะแนนเฉลี่ยของผลคะแนนเป็นตัวชี้วัดตามเกณฑ์ในการวัดระดับความเหมาะสม 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
4.21 – 5.00	มากที่สุด
3.41 – 4.20	มาก
2.61 – 3.40	ปานกลาง
1.81 – 2.60	น้อย
1.00 – 1.80	น้อยที่สุด

ความกว้างของอันตรภาคชั้นของค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.8 ซึ่งได้มาจากการคำนวณโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้ (Fisher อ้างถึงใน ชัชวาลย์ เรื่องประพันธ์, 2539, หน้า 15)

$$\text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

ผลสรุปความเหมาะสมของวิดีโอบทเรียนตัวอย่างแสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของวิดีโอบทเรียนตัวอย่าง

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					เฉลี่ย
	5	4	3	2	1	
ด้านเนื้อหา						
1. ความถูกต้องของเนื้อหา	10	-	-	-	-	5
2. ปริมาณของเนื้อหาแต่ละเรื่องมีความเหมาะสม	4	6	-	-	-	4.4
3. การจัดลำดับเนื้อหาช่วยส่งเสริมการเรียนรู้	9	1	-	-	-	4.9
4. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	10	-	-	-	-	5
ด้านองค์ประกอบของสื่อ						
1. ขนาดและสีของตัวอักษรมีความเหมาะสม	10	-	-	-	-	5
2. ภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา	8	2	-	-	-	4.8
3. เสียงบรรยายชัดเจน	9	1	-	-	-	4.9
4. ภาษาที่ใช้สามารถสื่อความหมายได้ดี	7	3	-	-	-	4.7
5. เวลาที่ใช้มีความเหมาะสม	8	2	-	-	-	4.8
ด้านการนำไปใช้						
1. ผู้เรียนที่มองเห็นเลือนรางสามารถเรียนจากสื่อตัวอย่างนี้ได้	8	2	-	-	-	4.8
2. ผู้เรียนปกติและผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถใช้ร่วมกันได้	4	5	1	-	-	4.3
3. สื่อตัวอย่างนี้รองรับได้คมชัดบนแพลตฟอร์มต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต	10	-	-	-	-	5

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ตัวอย่างสื่อมีความเหมาะสมมากที่สุดทุกรายการ โดยอันดับแรกมีค่าเฉลี่ย 5 คะแนน ใน 4 รายการ ได้แก่ ความถูกต้องของเนื้อหา ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา ขนาดและสีของตัวอักษรมีความเหมาะสม และสื่อตัวอย่างนี้รองรับได้คมชัดบนแพลตฟอร์มต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต อันดับที่สองมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.9 คะแนน ใน 2 รายการ ได้แก่ การจัดลำดับเนื้อหาช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ และ เสียงบรรยายชัดเจน อันดับที่สามมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.8 คะแนน ใน 3 รายการ ได้แก่ ภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา เวลาที่ใช้มีความ

เหมาะสม และ ผู้เรียนที่มองเห็นเลือนรางสามารถเรียนจากสื่อตัวอย่างนี้ได้ สำหรับรายการ 3 รายการ ที่มีผู้ให้ความเห็นว่าตัวอย่างสื่อมีความเหมาะสมมากที่สุดเช่นกัน แต่อยู่ในสามลำดับสุดท้าย ได้แก่ ภาษาที่ใช้สามารถสื่อความหมายได้ดี ปริมาณของเนื้อหาแต่ละเรื่องมีความเหมาะสม และ ผู้เรียนปกติ และผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถใช้ร่วมกันได้ นอกจากนั้นยังมีผู้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เรื่อง “การนำเสนอสมบัติของการบวกและการคูณของการเท่ากันเพื่อนำไปใช้ในการแก้สมการ” ซึ่งผู้ดำเนินงานของโครงการนี้ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าข้อเสนอแนะนี้สามารถนำไปใช้ในการขั้นตอนของการอบรมครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 94 คน เพื่อให้พัฒนาต่อจากตัวอย่างบทเรียนนี้ต่อไป

4.3 ผลการเปรียบเทียบความรู้และทัศนคติก่อนและหลังการอบรม

การเปรียบเทียบความรู้ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรม 94 คน พบว่า ความรู้ของผู้รับการอบรมเกี่ยวกับการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นก่อนเข้ารับการอบรมมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 2.50 จากคะแนนเต็ม เท่ากับ 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.37 สำหรับความรู้หลังการอบรมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.53 จากคะแนนเต็ม เท่ากับ 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.49 ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความรู้โดยเฉลี่ยของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรม (n = 94)

รายการประเมิน	ก่อนการอบรม		หลังการอบรม	
	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.
การเรียนรู้คณิตศาสตร์ออนไลน์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น	2.48	1.37	4.54	0.52
คุณสมบัติของสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สนับสนุนการมองเห็น	2.53	1.37	4.55	0.54
การผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น	2.49	1.36	4.51	0.57
รวม	2.50	1.35	4.53	0.49

เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังด้วยสถิติ paired t-test พบว่าความรู้หลังการอบรมมากกว่าก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$

สำหรับการเปรียบเทียบทัศนคติของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรม 94 คน พบว่า ผู้รับการอบรมเกี่ยวกับการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นก่อนเข้ารับการอบรมมีทัศนคติค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 3.66 จากคะแนนเต็ม เท่ากับ 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.41 สำหรับทัศนคติหลังการอบรมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.61 จากคะแนนเต็ม เท่ากับ 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.48 ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ทศนคติโดยเฉลี่ยของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรม (n = 94)

รายการประเมิน	ก่อนการอบรม		หลังการอบรม	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
สื่อคณิตศาสตร์ออนไลน์ควรเข้าถึงได้เสมอ	3.66	1.44	4.60	0.54
สื่อคณิตศาสตร์ที่สามารถเข้าถึงได้ยังมีประโยชน์ต่อนักเรียนปกติ อีกด้วย	3.62	1.45	4.64	0.48
เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เผยแพร่ควรเป็นไปตามมาตรฐานการ เข้าถึง	3.70	1.42	4.61	0.55
รวม	3.66	1.41	4.61	0.48

เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังด้วยสถิติ paired t-test พบว่าทศนคติหลังการอบรมดีขึ้นก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$

4.4 ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการอบรม

การจัดการอบรมรูปแบบ Zoom เมื่อวันที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2566 มีผู้ลงทะเบียนอบรมและตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 94 คน โดยผู้เข้ารับการอบรมส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นได้ผลสรุปดังตารางที่ 4.6 ซึ่งการสรุปผลสำรวจความพึงพอใจมีเกณฑ์การให้คะแนนการประเมินแต่ละระดับโดยใช้ค่าคะแนนเฉลี่ยของผลคะแนนเป็นตัวชี้วัดตามเกณฑ์ในการวัดระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
4.21 – 5.00	มากที่สุด
3.41 – 4.20	มาก
2.61 – 3.40	ปานกลาง
1.81 – 2.60	น้อย
1.00 – 1.80	น้อยที่สุด

ความกว้างของอันตรภาคชั้นของค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.8 ซึ่งได้มาจากการคำนวณโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้ (Fisher อ้างถึงใน ชัชวาลย์ เรื่องประพันธ์, 2539, หน้า 15)

$$\text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

ตารางที่ 4.6 ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการอบรม (n = 94)

รายการประเมิน	ความพึงพอใจ		ระดับความพึงพอใจ
	\bar{X}	S.D.	
ด้านวิทยากรและการฝึกอบรม			
1. ความสามารถในการอธิบายเนื้อหาของวิทยากร	4.73	0.47	มากที่สุด
2. เนื้อหาการอบรม	4.68	0.47	มากที่สุด
3. สื่อการอบรม (เว็บไซต์)	4.67	0.47	มากที่สุด
4. การตอบข้อซักถาม	4.57	0.56	มากที่สุด
5. การติดต่อประสานงาน	4.64	0.53	มากที่สุด
6. ระยะเวลาที่จัดการอบรม	4.64	0.53	มากที่สุด
7. รูปแบบการจัดอบรม	4.70	0.50	มากที่สุด
รวม	4.66	0.42	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ความพึงพอใจด้านวิทยากรและการฝึกอบรมมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดทุกรายการ ความพึงพอใจ 3 ลำดับแรก ได้แก่ ลำดับที่ 1 “ความสามารถในการอธิบายเนื้อหาของวิทยากร” มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.73 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.47 ลำดับที่ 2 “รูปแบบการจัดอบรม” มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.70 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.50 และ ลำดับที่ 3 “เนื้อหาการอบรม” มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.68 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.47

สำหรับการประเมินความพึงพอใจด้านทักษะที่ได้รับจากการฝึกอบรม ได้แก่ ความสามารถในการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่รองรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น ความสามารถด้านการปรับปรุงสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่มีอยู่ให้รองรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้ และความสามารถด้านการนำความรู้ไปเผยแพร่และถ่ายทอดได้ โดยมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.47 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.59 ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ทักษะที่ได้รับจากการฝึกอบรม (n = 94)

รายการประเมิน	ความพึงพอใจ		ระดับความพึงพอใจ
	\bar{X}	S.D.	
1. สามารถผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่รองรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้	4.47	0.60	มากที่สุด
2. สามารถปรับปรุงสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่มีอยู่ให้รองรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้	4.48	0.62	มากที่สุด
3. สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่/ถ่ายทอดได้	4.46	0.63	มากที่สุด
รวม	4.47	0.59	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.7 ความพึงพอใจด้านทักษะที่ได้รับจากการอบรมมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดทุกรายการ และมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ดังนี้ ลำดับที่ 1 “สามารถปรับปรุงสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่มีอยู่ให้รองรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้” มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.48 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.62 ลำดับที่ 2 “สามารถผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่รองรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้” มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.47 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.67 และ ลำดับที่ 3 “สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่/ ถ่ายทอดได้” มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.46 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.63

4.5 ผลประเมินชิ้นงานของผู้รับการอบรม

ผู้รับการอบรมได้ส่งชิ้นงานที่ผลิตโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ ที่ได้จากการอบรมในโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น จำนวน 40 ชิ้นงาน โดยผลงานเป็นสื่อที่มีลักษณะที่กำหนด ดังตารางที่ 4.8 และผู้รับการอบรมต้องระบุว่าสื่อการสอนที่ผลิตรองรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นประเภทใด ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 สื่อออนไลน์/เนื้อหาและรูปเครื่องมือที่สร้าง

สื่อออนไลน์/เนื้อหา	รูปแบบเครื่องมือที่สร้าง			
	LaTex	GeoGebra	ข้อสอบออนไลน์	อื่น ๆ
สื่อการสอน				
1. จำนวนเต็ม				VDO 1
2. ห.ร.ม. *		1		
3. การเขียนสมการ	1			
4. การเขียนสมการกำลังสอง	1			
5. กราฟเส้นตรง		1		
6. กราฟสมการเชิงเส้นสองตัวแปร		1		
7. กราฟพาราโบลา		3		
8. Right Triangle		1		
9. ครึ่งวงกลม		1		
10. มุมที่จุดศูนย์กลางกับมุมที่เส้นรอบวง		1		
11. มุมตรงข้ามสี่เหลี่ยม		1		
12. ปริมาตรของทรงกลม *		1		
13. รูปคลี่ของรูปเรขาคณิตสามมิติ		1		
14. Prism and Nets		1		
15. Cylinder		1		
16. พีระมิด		1		

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) สื่อออนไลน์/เนื้อหาและรูปแบบเครื่องมือที่สร้าง

สื่อออนไลน์/เนื้อหา	รูปแบบเครื่องมือที่สร้าง			
	LaTex	GeoGebra	ข้อสอบออนไลน์	อื่น ๆ
แบบทดสอบ/แบบฝึกหัด				
1. แบบทดสอบการบวกจำนวนเต็ม *			Microsoft Forms (1)	
2. ทดสอบความรู้เลขยกกำลัง *			Microsoft Forms (1)	
			Quizizz (1)	
3. แบบทดสอบเรื่อง ลำดับ *			Microsoft Forms (1)	
4. แบบทดสอบเรื่อง ตรรกศาสตร์ *			Microsoft Forms (1)	
5. แบบทดสอบสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว*			Microsoft Forms (1)	
6. แบบทดสอบสมการกำลังสองตัวแปรเดียว			Quizizz (1)	
7. แบบทดสอบระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร			Quizizz (1)	
8. ทบทวนความรู้พหุนาม			Quizizz (1)	
9. การหาค่านิพจน์พีชคณิต **			Microsoft Forms (1)	
10. Mathematics Exercise*			Microsoft Forms (12)	
รวม	2	15	22	1

หมายเหตุ * มีการใช้คำสั่ง LaTex ในการสร้างสื่อการสอนและแบบทดสอบ/แบบฝึกหัด

** มีการพิมพ์ข้อความแสดงแทน (Alt Text) เพื่อให้มีเสียงบรรยายประกอบภาพหรือข้อความในคำถามให้ผู้เรียนตามอดได้ฟังก่อนตอบคำถาม

จากตารางที่ 4.8 พบว่า ผู้รับการอบรมผลิตสื่อการสอนประเภทภาพเวกเตอร์กราฟิกส์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จำนวน 15 ชิ้นงาน ใช้คำสั่ง LaTex จำนวน 2 ชิ้นงาน และวิดีโอ 1 ชิ้นงาน สำหรับการสร้างแบบทดสอบ/แบบฝึกหัดออนไลน์ที่ตรวจข้อสอบแบบอัตโนมัติ ใช้โปรแกรม Microsoft Forms จำนวน 18 ชิ้นงาน และ โปรแกรม Quizizz จำนวน 4 ชิ้นงาน

ตารางที่ 4.9 จำนวนสื่อการสอนจำแนกตามประเภทการรองรับของกลุ่มผู้ปกครองทางการมองเห็น

กลุ่มผู้ปกครองทางการมองเห็น	จำนวนสื่อการสอน (ชิ้นงาน)
1. ผู้มองเห็นเลือนราง	20
2. ผู้เรียนที่ตาบอด	10
3. ผู้มองเห็นเลือนราง/ผู้เรียนที่ตาบอด	10
รวม	40*

หมายเหตุ * จำนวนผู้เข้ารับการอบรมส่งผลงานน้อยกว่าเป้าหมายที่กำหนด เนื่องจากช่วงเวลาหลังการอบรมวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2566 ผู้รับการอบรมมีภารกิจที่ต้องปฏิบัติงานของ

โรงเรียน/สถานศึกษา ได้แก่ การรับสมัครนักเรียน การสอบและการทำผลสอบ การเข้าค่าย การปัจฉิมนิเทศ การแจกประกาศนียบัตรให้นักเรียนที่สำเร็จการศึกษา เป็นต้น

ผลการดำเนินงานวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อเผยแพร่ความรู้ในการผลิตสื่อออนไลน์ คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC)

4.6 ผลการพัฒนาบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC)

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC) สำหรับการเผยแพร่ความรู้ตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ได้แก่ รายวิชา ‘การผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น’ ซึ่งมีคำอธิบายรายวิชา ดังนี้ นำเสนอคุณลักษณะของสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นและแนะนำวิธีการสร้างรวมถึงปรับปรุงสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่มีอยู่ให้สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนพิเศษกลุ่มดังกล่าว ประกอบด้วย การใส่ข้อความแสดงแทน การสร้างภาพเวกเตอร์กราฟิกส์ การใส่สมการโดยใช้ชุดคำสั่ง LaTeX การสร้างเอกสารและหน้าเว็บที่เข้าถึงได้ การบรรยายในวิดีโอ และการเขียนข้อสอบที่รองรับผู้ปกครองทางการมองเห็น

วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

LO1: อธิบายลักษณะของสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นได้

LO2: ใช้เครื่องมือสำหรับสร้างสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนผู้ปกครองทางการมองเห็นได้

LO3: สร้างหรือปรับปรุงสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนผู้ปกครองทางการมองเห็นได้

จำนวนชั่วโมงการเรียนรู้

- จำนวนชั่วโมงการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ชั่วโมงการเรียนรู้
- จำนวนชั่วโมงสื่อวีดิทัศน์ 3 ชั่วโมงสื่อวีดิทัศน์

กิจกรรมการเข้าเรียนในรายวิชา

การเข้าเรียนในแพลตฟอร์ม Thai MOOC มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- การมีส่วนร่วม 30%
- คำถามทบทวน 30%
- แบบทดสอบประจำบท 40%

สำหรับผู้เข้าเรียนจะผ่านเกณฑ์เพื่อรับประกาศนียบัตรในระบบของแพลตฟอร์ม Thai MOOC จะต้องมีความรวมทั้งไม่ต่ำกว่า 70% ถือว่าผ่านเกณฑ์เพื่อรับประกาศนียบัตรในระบบได้

หลักสูตร

เนื้อหาในหลักสูตรมี 6 หัวข้อ ดังนี้

1. บทนำ
 - การเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น
 - การเรียนคณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น
2. รูปภาพและข้อความแสดงแทน
 - ประเภทของรูปภาพในสื่อออนไลน์
 - ข้อความแสดงแทนในเอกสาร
 - ข้อความแสดงแทนบนเว็บไซต์
3. ภาพในสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์
 - รูปเรขาคณิตสองมิติ
 - รูปเรขาคณิตสามมิติ
 - แผนภาพ กราฟ และแผนภูมิ
4. สมการในสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์
 - สมการบนแพลตฟอร์ม Microsoft
 - สมการในรูปแบบ LaTeX
 - สมการบน Open edX
 - สมการบน LMS และเว็บไซต์อื่น ๆ
 - เครื่องมือสร้างรูปภาพสมการ
5. สื่อประเภทอื่น ๆ
 - เอกสารและหน้าเว็บ
 - การกำหนดหัวเรื่อง
 - สื่อประเภทวิดีโอ
 - แอปพลิเคชัน
6. ข้อสอบออนไลน์
 - ข้อสอบออนไลน์ที่รองรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น
 - การสร้างข้อสอบออนไลน์คณิตศาสตร์ด้วย Microsoft Forms

4.7 ผลการตรวจสอบคุณภาพ

การตรวจสอบคุณภาพบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC) ประกอบด้วย เครื่องมือ 2 ชุด ซึ่งกำหนดโดยโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย (Thai MOOC) สังกัด กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ดังนี้

- 1) แบบประเมินการตรวจสอบความถูกต้องของบทเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิ
- 2) แบบประเมินการตรวจสอบความถูกต้องของแบบทดสอบด้านเนื้อหาและระดับความรู้ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลประเมินการตรวจสอบความถูกต้องของบทเนื้อหา

ผลประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ 3 คน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์และมีประสบการณ์การสอนผู้บกพร่องทางการมองเห็น มีดังนี้

รายการและความคิดเห็น	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3
1. เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ <input type="checkbox"/> สอดคล้อง <input type="checkbox"/> ไม่สอดคล้อง	สอดคล้อง	สอดคล้อง	สอดคล้อง
2. เนื้อหาครบถ้วน ถูกต้อง <input type="checkbox"/> ถูกต้อง <input type="checkbox"/> ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง	ถูกต้อง	ถูกต้อง
3. การลำดับเนื้อหาต่อการเรียนรู้ <input type="checkbox"/> เหมาะสม <input type="checkbox"/> ไม่เหมาะสม	เหมาะสม	เหมาะสม	เหมาะสม

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

1. การนำตัวอย่างการเขียนเศษส่วนด้วยอักษรเบรลล์ในแนวตั้งควรแก้ไขเป็นแนวนอนในบรรทัดเดียวกัน ซึ่งเป็นวิธีการเขียนเศษส่วนแบบปกติในอักษรเบรลล์
2. ในบทที่ 3 ควรจัดบทเรียนส่วนหนึ่งให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการเขียนคำอธิบายภาพด้วย
3. โปรแกรมอ่านหน้าจอบางโปรแกรมยังไม่รองรับบางแพลตฟอร์ม ควรแนะนำให้ครูที่พัฒนาแบบทดสอบทดลองใช้งานแบบทดสอบนั้นด้วยโปรแกรมอ่านหน้าจอโดยเฉพาะในวิชาคณิตศาสตร์ยังมีปัจจัยที่ทำให้การอ่านข้อสอบมีความผิดพลาดอยู่บ้าง ควรแนะนำให้ครูเตรียมการแก้ปัญหา โดยการจัดให้มีข้อสอบอักษรเบรลล์ด้วยหากเด็กร้องขอ หรือมีครูที่สามารถอ่านสมการคณิตศาสตร์ได้ เพื่อให้ความช่วยเหลือหากเกิดปัญหาใด ๆ ในขณะที่นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นกำลังทำข้อสอบออนไลน์
4. แบบทดสอบประจำบทที่ 6 Question 4 of 4 ข้อใดเป็นคุณสมบัติโดดเด่นของ Microsoft Forms ในการสร้างข้อสอบคณิตศาสตร์ จากโจทย์ ตัวเลือกที่ 1 น่าจะถูกต้องมากที่สุด ผู้รับผิดชอบรายวิชาได้นำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไขและให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งก่อนนำเสนอต่อโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย (Thai MOOC) สังกัดกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เพื่อตรวจสอบก่อนเปิดรายวิชาในแพลตฟอร์ม Thai MOOC

ผลประเมินการตรวจสอบความถูกต้องของแบบทดสอบด้านเนื้อหาและระดับความรู้

ผลประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ 1 คน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์และการวัดผล ประเมินผลได้ตรวจสอบความถูกต้องแบบทดสอบชนิดปรนัยและระดับความรู้ที่ใช้วัดผลประเมินผล จำแนกตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ LO1 และ LO2 จำนวน 20 ข้อ สำหรับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ LO2 (บางส่วน) และ LO3 ให้ผู้เรียนประเมินตนเอง ดังนี้

LO1: อธิบายลักษณะของสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้ มีระดับการวัดและจำนวนข้อสอบ ดังนี้

- ความรู้ความจำ	5	ข้อ
- ความเข้าใจ	6	ข้อ
รวม	11	ข้อ

LO2: ใช้เครื่องมือสำหรับสร้างสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้ มีระดับการวัดและจำนวนข้อสอบ ดังนี้

- ความรู้ความจำ	2	ข้อ
- ความเข้าใจ	1	ข้อ
- การนำไปใช้-ประยุกต์ใช้	4	ข้อ
- การวิเคราะห์	2	ข้อ
รวม	9	ข้อ

LO3: สร้างหรือปรับปรุงสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้ และ LO2 (บางส่วน) ใช้รูปแบบการประเมินตนเอง

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อสอบบางข้อสามารถวัดระดับความรู้ที่สูงขึ้น และข้อสอบบางข้อควรปรับตัวลงให้สอดคล้องกับคำถาม

ผู้รับผิดชอบรายวิชาได้นำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไขและให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งก่อนนำเสนอต่อโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย (Thai MOOC) สังกัดกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เพื่อตรวจสอบก่อนเปิดรายวิชาในแพลตฟอร์ม Thai MOOC

4.8 ผลประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC)

โครงการพัฒนามหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย (Thai MOOC) สังกัดกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมได้จัดระบบข้อมูลเพื่อการประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนบทเรียนแบบเปิดเพื่อมหาชน ผลประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนบทเรียนออนไลน์แบบเปิดบนแพลตฟอร์ม Thai MOOC ซึ่งมีผลสรุปผลได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนการสอน (n = 100 คน)

ประเด็น	ความพึงพอใจ		ระดับความพึงพอใจ
	\bar{X}	S.D.	
1. เนื้อหามีความทันสมัย ทันต่อการเปลี่ยนแปลง	4.47	0.63	มากที่สุด
2. ลำดับเรื่อง เข้าใจง่าย ชวนติดตาม	4.36	0.70	มากที่สุด
3. รูปแบบการนำเสนอ สวยงาม เข้าใจง่าย	4.36	0.69	มากที่สุด
4. ตัวอย่าง/กรณีศึกษา เพียงพอ ชัดเจน	4.30	0.69	มากที่สุด
5. รูปแบบกิจกรรม/แบบทดสอบ เหมาะสม ชัดเจน	4.32	0.65	มากที่สุด
6. ภาพคมชัด/กราฟิกมีขนาด สีเหมาะสม	4.42	0.68	มากที่สุด
7. เสียงที่ใช้ในสื่อ เหมาะสม ชัดเจน	4.41	0.65	มากที่สุด
รวม	4.37	0.67	มากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลในตารางได้พิจารณาระดับความพึงพอใจโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ (Fisher อ้างถึงใน ชัชวาลย์ เรื่อง ประพันธ์, 2539, หน้า 15)

ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
4.21 – 5.00	มากที่สุด
3.41 – 4.20	มาก
2.61 – 3.40	ปานกลาง
1.81 – 2.60	น้อย
1.00 – 1.80	น้อยที่สุด

จากผลสรุปในตารางพบว่าความพึงพอใจของผู้เข้าเรียนรายวิชา ‘การผลิตสื่อออนไลน์ คณิตศาสตร์สำหรับผู้ประกอบการมองเห็น’ ในแพลตฟอร์ม Thai MOOC ที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนการสอนมีระดับความพึงพอใจ **ระดับมากที่สุด** ทุกประเด็น โดยประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูง 3 อันดับแรก ได้แก่ ประเด็นด้าน ‘เนื้อหามีความทันสมัย ทันต่อการเปลี่ยนแปลง’ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.47 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.63 ประเด็น ‘ภาพคมชัด/กราฟิกมีขนาด สีเหมาะสม’ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.42 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.68 และประเด็นด้าน ‘เสียงที่ใช้ในสื่อ เหมาะสม ชัดเจน’ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.41 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.65

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจในภาพรวมต่อการเข้าใช้ระบบ Thai MOOC มีผลดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด	43 คน
พึงพอใจมาก	45 คน

พึงพอใจปานกลาง	12 คน
พึงพอใจน้อย	- คน
พึงพอใจน้อยที่สุด	- คน
รวม	100 คน

ผลสรุปความพึงพอใจในภาพรวมต่อการเข้าใช้ระบบ Thai MOOC มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.37 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.68 ซึ่งแสดงว่าผู้เข้าเรียนมีความพึงพอใจ**ระดับมากที่สุด**

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินงานโครงการเรื่อง “ส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น” มีวัตถุประสงค์ของโครงการ 2 ข้อ วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น และ วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อเผยแพร่ความรู้ในการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC) โดยกลุ่มเป้าหมายของวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก ได้แก่ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ที่มีการจัดการเรียนสอนแบบการเรียนรู้ร่วมกันให้นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ซึ่งในระหว่างที่ยังมีการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ได้ใช้การอบรมแบบ Zoom Meeting สำหรับกลุ่มเป้าหมายของวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายรอง ได้แก่ ผู้สนใจการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น ที่เข้าเรียนในแพลตฟอร์ม Thai MOOC ตั้งแต่วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2566 การดำเนินการครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติและสามารถสรุปและอภิปรายผลการดำเนินงานได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 สรุปผลของโครงการ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น มีผลสรุปดังนี้

1) จำนวนครูเข้ารับการอบรมออนไลน์รูปแบบ Zoom Meetings	94	คน
2) จำนวนการผลิตสื่อของผู้เข้าอบรม	40	ชิ้นงาน*
• การใช้โปรแกรม GeoGebra	15	ชิ้นงาน
• การใช้ชุดคำสั่ง LaTeX	2	ชิ้นงาน
• วิดีโอ	1	ชิ้นงาน
• การสร้างข้อสอบโดยใช้ Microsoft Forms	18	ชิ้นงาน
• การสร้างข้อสอบโดยใช้ Quizizz	4	ชิ้นงาน

หมายเหตุ * จำนวนผู้เข้ารับการอบรมส่งผลงานน้อยกว่าเป้าหมายที่กำหนด เนื่องจากช่วงเวลาหลังการอบรม ผู้รับการอบรมมีภารกิจที่ต้องปฏิบัติงานของโรงเรียน/สถานศึกษา ได้แก่ การรับสมัครนักเรียน การสอบและการทำผลสอบ การเข้าค่าย การปัจฉิมนิเทศ การแจกประกาศนียบัตรให้นักเรียนที่สำเร็จการศึกษา เป็นต้น

3) ความรู้และทัศนคติต่อการอบรม: ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

- ความรู้ก่อนการอบรม: 2.50 (1.35)
- ความรู้หลังการอบรม: 4.53 (0.49)
- ทัศนคติก่อนการอบรม: 3.66 (1.41)
- ทัศนคติหลังการอบรม: 4.61 (0.48)

เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังด้วยสถิติ paired t-test พบว่า ความรู้และทัศนคติหลังการอบรมดีขึ้นกว่าก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$

4) ความพึงพอใจ: ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

- วิทยากรและการฝึกอบรม: 4.66 (0.42) ระดับมากที่สุด
- ทักษะที่ได้รับ: 4.47 (0.59) ระดับมากที่สุด

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อเผยแพร่ความรู้ในการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC)

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC) สำหรับการเผยแพร่ความรู้ตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ได้เผยแพร่บนแพลตฟอร์ม Thai MOOC ชื่อรายวิชา ‘การผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น’ ซึ่งเปิดให้เรียนในแพลตฟอร์ม Thai MOOC ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 การเก็บรวบรวมข้อมูลด้านความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอนของผู้เข้าเรียนรายวิชา ‘การผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น’ ที่เผยแพร่บนแพลตฟอร์ม Thai MOOC จำนวน 100 คนแรกที่เรียนครบเนื้อหาในรายวิชา มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.37 จากคะแนนเต็ม เท่ากับ 5 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.67 ซึ่งแสดงว่าผู้เข้าเรียนมีความพึงพอใจ **ในระดับมากที่สุด**

สำหรับข้อเสนอแนะอื่น ๆ พบว่า มีข้อเสนอดังนี้ “ดีมาก ชอบมาก และอยากให้พัฒนาไปเรื่อย ๆ” เพราะได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการเรียนรายวิชา ‘การผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น’

5.2 อภิปรายผล

โครงการ “ส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น” มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น โดยใช้การอบรมออนไลน์รูปแบบ Zoom และ เพื่อเผยแพร่ความรู้ในการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC)

ผลของการดำเนินงานโดยสรุป

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 มีผลสรุปของการดำเนินงาน 3 ตอน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความรู้และทัศนคติของผู้เข้ารับการอบรม

1) ความรู้ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรม จำนวน 94 คน พบว่า ความรู้ของผู้รับการอบรมเกี่ยวกับการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นหลังการอบรมมากกว่าก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$ เนื่องจากผู้เข้ารับการอบรมเป็นครูผู้สอนคณิตศาสตร์ได้ยกระดับความรู้และทักษะเพิ่มขึ้นจากที่มีอยู่เดิม (Reskill-Upskill) ในการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่นำไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอนให้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Kafyulilo, Fisser, Pieters, และ Voogt (2015) ที่อบรมครูก่อนประจำการ (pre-service teachers) ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการสอน พบว่า ผู้รับการอบรมมีผลของการประเมินก่อน-หลังการอบรมได้รับความรู้และทักษะการบูรณาการเทคโนโลยีกับการสอนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญและส่งเสริมให้ผู้รับการอบรมได้นำความรู้และทักษะไปพัฒนาวิชาชีพด้วย นอกจากนี้ ElSayary (2023) ได้อบรมครูให้มีสมรรถนะทางดิจิทัล (digital competencies) พบว่า การพัฒนาครูส่งผลให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วัฒนธรรมในการใช้เทคโนโลยีสร้างความสำเร็จของงานที่มอบหมาย รวมทั้งผู้สอนได้พัฒนาสมรรถนะทางดิจิทัลที่สนับสนุนและทำทนายการปฏิบัติงานในอนาคต และสอดคล้องกับ ระเบียบ สิทธิชัย และคณะ (2555) ที่พัฒนาหลักสูตรการอบรมครูทางอิเล็กทรอนิกส์ เรื่องการวิจัย เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา พบว่า ผู้รับการอบรมมีความรู้และความเข้าใจเรื่องการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้อุทิศการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลังเข้ารับการอบรมสูงกว่าก่อนเข้ารับการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของการประเมินความรู้ของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น ด้วยวิธีประเมินตนเองอยู่ในระดับดีมาก

2) ทัศนคติของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรม จำนวน 94 คน พบว่า ผู้รับการอบรมเกี่ยวกับการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นก่อนเข้ารับการอบรมมีทัศนคติหลังการอบรมดีขึ้นก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wan Hassan, Ariffin, Ahmad, Hamzah, Rubani, Zakaria, และ Hassan (2020) ที่ศึกษาการรับรู้ของผู้เรียนสายอาชีวศึกษาโดยใช้ Zoom Meet Webinar ระหว่างที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 พบว่า ความรู้และทัศนคติมีความสัมพันธ์กัน นอกจากนี้ Marpa (2021) ได้สำรวจทัศนคติของครูผู้สอนคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการสอนคณิตศาสตร์ในช่วงการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 พบว่า ครูผู้สอนคณิตศาสตร์มีทัศนคติเชิงบวกต่อการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการสร้างความสนใจและสร้างความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการสอนมากขึ้น และสอดคล้องกับ นื่องนุช ธราดลรัตนกร และ ญัฐพล รำไพ (2563)

ที่ศึกษาการพัฒนาารูปแบบการฝึกอบรมออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีมัลติมีเดียเชิงปฏิสัมพันธ์ตามแนวคอนสตรัคติวิซึ่มเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีของครูประจำการ พบว่าส่วนใหญ่มีทัศนคติที่ดีต่อรูปแบบและกิจกรรมการฝึกอบรมออนไลน์ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.61) พิจารณาเป็นรายด้านอยู่ในระดับมากทุกด้าน ดังนี้ด้านการนำความรู้ ทักษะไปประยุกต์ใช้ ในการปฏิบัติงาน (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.49 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.61) ด้านเนื้อหา หลักสูตร (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.61) ด้านวิทยากร (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.39 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.61) และด้านรูปแบบการฝึกอบรมผ่านเว็บ (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.60) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของการประเมินทัศนคติของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น อยู่ใน*ระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง*

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจด้านวิทยากรและการฝึกอบรม

ผลการประเมินของผู้รับการอบรม 94 คน เกี่ยวกับความพึงพอใจด้านวิทยากรและการฝึกอบรม พบว่า มีระดับความพึงพอใจมากที่สุดทุกรายการประเมิน

เมื่อพิจารณาจากผลประเมินความพึงพอใจด้านวิทยากรและการฝึกอบรมที่ใช้ระบบออนไลน์ มีความสอดคล้องกับแนวคิดที่เกี่ยวกับการอบรมออนไลน์ ดังนี้

1) ความสามารถของวิทยากรเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการอบรมออนไลน์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Aziz, Hussein และ Ibrahim (2022) รวมทั้งแนวคิดของ Wolf (2006) ที่เสนอคุณลักษณะของวิทยากร ได้แก่ ทักษะทางอินเทอร์เน็ต (internet skills) การใช้เครื่องมืออินเทอร์เน็ต (internet tools) ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ การใช้สื่อต่าง ๆ ที่สร้างความเข้าใจแก่ผู้รับการอบรม

2) รูปแบบการจัดอบรมที่ใช้ Zoom Meeting เป็นรูปแบบที่ผู้เข้ารับการอบรมสามารถเข้าถึงได้ง่าย มีการนำเสนอที่ใช้สื่อได้หลายรูปแบบ เช่น สไลด์ วิดีโอ เป็นต้น และผู้เข้ารับการอบรมมีโอกาสได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับวิทยากรหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เข้ารับการอบรมด้วยกัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Ema, Genisa, Muslaini และ Suhartini (2022) นอกจากนี้รูปแบบการอบรมที่มีการบริหารจัดการเวลาที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์มีผลต่อความพึงพอใจของผู้รับการอบรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Salamat, Ahmad, Bakht และ Saifi (2018) รวมทั้งการจัดเตรียมระบบรับ-ส่ง (delivery system) เนื้อหาการอบรมและข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้ผู้เรียนได้รับการอบรม และการใช้ช่องทางหลายช่องทางในการซักถาม (Wolf, 2006; Adenegan & Abiodun, 2018)

3) เนื้อหาการอบรมเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมในการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ รวมทั้งการสร้างแบบทดสอบที่ผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำไปใช้สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มี

ความบกพร่องทางการมองเห็น ได้แก่ ชุดคำสั่ง LaTeX สำหรับสร้างสมการและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ โปรแกรมเวกเตอร์กราฟิกส์ที่ใช้สำหรับสร้างภาพและแผนผัง โปรแกรม Microsoft Forms สำหรับสร้างข้อสอบที่ตรวจคำตอบแบบอัตโนมัติ และการเขียนข้อความแสดงแทนให้สามารถใช้กับโปรแกรมอ่านหน้าจอได้ การใช้ชุดคำสั่งและโปรแกรมต่าง ๆ ช่วยให้สร้างภาพและตัวอักษรที่มีความคมชัดเมื่อผู้เรียนขยายภาพในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสร้างความเสมอภาคในการเข้าถึงการเรียนรู้แบบออนไลน์ทั้งผู้เรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นและผู้เรียนปกติทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับ Sauer (2020) ที่ได้ศึกษาการใช้งานร่วมกันระหว่าง LaTeX และโปรแกรมอ่านหน้าจอ AsTeR และ MathSpeak ที่สามารถอ่านสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่เขียนจาก LaTeX Code ได้ ซึ่งช่วยให้ผู้บกพร่องทางการมองเห็นมีความเข้าใจในการเรียนคณิตศาสตร์ได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Ahmetovic, Bernareggi, Bracco, Murru, Armano, และ Capietto (2021) ได้ศึกษาการใช้ชุดคำสั่ง LaTeX ในการเรียนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ชุดคำสั่ง LaTeX ช่วยให้ผู้เรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นและผู้เรียนทั่วไปสามารถเรียนเข้าถึงการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้มากขึ้น และผู้เรียนทั่วไปมีความต้องการมากที่จะใช้ชุดคำสั่งเพื่อนำไปใช้ในการทำกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมาย เช่น การทำรายงานผลของการปฏิบัติการ (lab report) และการทำการบ้าน อย่างไรก็ตามผู้สอนที่ยังไม่มีความต้องการในการเรียนรู้การใช้ชุดคำสั่ง LaTeX ควรจะได้รับพัฒนาต่อไป สำหรับเนื้อหาการอบรมเรื่องเวกเตอร์กราฟิกส์มีประโยชน์สำหรับการสร้างภาพและแผนผังที่ง่ายต่อการปรับแต่ง (easy to edit) ขนาดและสีของภาพ รวมทั้งง่ายต่อการดาวน์โหลดหรือสำเนาภาพซึ่งช่วยให้การผลิตสื่อออนไลน์มีภาพคมชัดในขณะที่ขยายหรือย่อภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Bruhn และ Burton (2004) ที่กล่าวว่า เวกเตอร์กราฟิกส์เป็นรูปแบบการนำเสนอภาพและแผนผังที่เหมาะสมที่สุดบนหน้าเว็บโดยใช้ร่วมกับโปรแกรม MathML (Mathematical Markup Language) ที่ใช้บรรยายสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เนื้อหาการอบรมเรื่องการสร้างข้อสอบคณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นโดยใช้แอปพลิเคชัน Microsoft Forms สำหรับสร้างข้อสอบที่ตรวจคำตอบแบบอัตโนมัติ และการเขียนข้อความแสดงแทนให้สามารถใช้กับโปรแกรมอ่านหน้าจอได้ ซึ่งข้อดีของแอปพลิเคชัน Microsoft Forms คือ การมีโปรแกรมอ่านหน้าจอซึ่งช่วยให้ผู้เรียนได้ฟังข้อมูลที่กำหนดให้ในโจทย์ปัญหาไปแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของสิ่งที่โจทย์ต้องการได้ และสามารถนำภาพมาใส่ในข้อสอบซึ่งผู้เรียนที่เห็นเลือนรางและผู้เรียนปกติสามารถใช้ภาพประกอบการแก้โจทย์ปัญหาได้ รวมทั้งผู้เรียนสามารถประเมินความก้าวหน้าของตนเองได้ และบันทึกผลการสอบของผู้เรียนแต่ละคนในรูปแบบตารางเพื่อนำไปวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลตามต้องการได้ ซึ่งแอปพลิเคชันนี้ผู้สอนยังสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลย่อย (formative assessment tools) เพื่อการบันทึกการพัฒนาการของผู้เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับการสำรวจของ Alarafeen (2021) ที่พบว่า ผู้สอนมีความต้องการพัฒนาความรู้เรื่องการใช้เครื่องมือการประเมินผลย่อยและนำเครื่องมือไปใช้ให้เกิดประสิทธิผล

ส่วนที่ 3 การผลิตสื่อของผู้รับการอบรม

ผู้รับการอบรมผลิตสื่อการสอนประเภทภาพเวกเตอร์กราฟิกส์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จำนวน 15 ชิ้นงาน ใช้คำสั่ง LaTeX จำนวน 2 ชิ้นงาน และวิดีโอ 1 ชิ้นงาน สำหรับการสร้างแบบทดสอบ/แบบฝึกหัดออนไลน์ที่ตรวจสอบแบบอัตโนมัติ ใช้โปรแกรม Microsoft Forms จำนวน 18 ชิ้นงาน และ โปรแกรม Quizizz จำนวน 4 ชิ้นงาน ซึ่งผลงานที่ผลิตเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด รวมทั้งสิ้น 40 ชิ้นงาน แต่มีจำนวนผู้เข้ารับการอบรมจำนวน 54 คน ไม่ได้ส่งผลงาน เนื่องจากช่วงเวลาหลังการอบรมวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2566 ผู้รับการอบรมมีภารกิจที่ต้องปฏิบัติงานของโรงเรียน/สถานศึกษา ได้แก่ การรับสมัครนักเรียน การสอบและการทำผลสอบ การเข้าค่าย การปัจฉิมนิเทศ การแจกประกาศนียบัตรให้นักเรียนที่สำเร็จการศึกษา เป็นต้น

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 มีผลสรุปของการดำเนินงาน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอน มีผลสรุปของผู้เข้าเรียนรายวิชา ‘การผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น’ ที่เผยแพร่บนแพลตฟอร์ม Thai MOOC โดยรวมมีระดับความพึงพอใจ**ระดับมากที่สุด** ทุกประเด็น ประเด็นต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการผลิตรายวิชาของ Thai MOOC มีผลต่อความสำเร็จของผู้เรียนในระบบออนไลน์แบบเปิด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อินทร์ธิดา คำภีระ (2566) ที่ศึกษาเรื่อง ‘ผลการเรียนรู้ออนไลน์บนระบบจัดการ Thai MOOC ในรายวิชา kmutt001 การอ่านแบบ เขียนแบบทางวิศวกรรมโยธา’ นอกจากนั้น ความสำเร็จในการเรียนออนไลน์แบบเปิดของผู้เรียนนั้นขึ้นอยู่กับความทันสมัยของเนื้อหา การออกแบบรายวิชา เทคนิคของผู้สอน และ พฤติกรรมของผู้เรียน รวมทั้งการวัดผลประเมินผลที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้วัดผลประเมินผลตนเอง (self-assessment) และการประเมินผลจากเพื่อน (peer assessment) เพื่อให้ผู้เรียนได้ติดตามความก้าวหน้าได้ (Bingol, Kursun & Kayaduman (2020); Admiraal, Huisman & Pilli (2015))

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจในภาพรวมต่อการเข้าใช้ระบบ Thai MOOC มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.31 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.68 ซึ่งแสดงว่าผู้เข้าเรียนมีความพึงพอใจ**ระดับมากที่สุด** ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อินทร์ธิดา คำภีระ (2566) ที่ศึกษาเรื่อง ‘ผลการเรียนรู้ออนไลน์บนระบบจัดการ Thai MOOC ในรายวิชา kmutt001 การอ่านแบบ เขียนแบบทางวิศวกรรมโยธา’ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.35 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.70

เนื่องจากการเปิดรายวิชา ‘การผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น’ ที่เผยแพร่บนแพลตฟอร์ม Thai MOOC ได้รับอนุมัติการเปิดเข้าเรียน ตั้งแต่วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2566 โดยมีการดำเนินงานตามเงื่อนไขมาตรฐานการเปิดรายวิชาที่มีรูปแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลอื่น ๆ อีก สำหรับข้อมูลที่รวบรวมจากผู้สมัครเข้าเรียนที่ได้เข้าปฏิบัติกิจกรรมการเรียน

ประกอบด้วย การเรียนรู้จากคลิปวิดีโอ การแสดงความคิดเห็น การทำแบบทดสอบ และบันทึกการมีส่วนร่วม โดยผู้สมัครเข้าเรียนจะเรียนโดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ จะนำเสนอเพิ่มเติมจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ที่กำหนดให้ โดยจำแนกการวิเคราะห์ที่ใช้เกณฑ์ 2 เกณฑ์ ดังนี้

เกณฑ์ที่ 1 ผู้สมัครเข้าเรียน 100 คนแรก

- จำนวนผู้เข้าเรียน	100	คน
- คะแนนเฉลี่ย	69.84	คะแนน
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	28.85	คะแนน
- คะแนนสูงสุด	98	คะแนน
- คะแนนต่ำสุด	2	คะแนน
- จำนวนผู้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ 70% ในการได้รับประกาศนียบัตร	71	คน

จากข้อมูลที่น่าเสนอสำหรับเกณฑ์ที่ 1 ผู้สมัครเข้าเรียน 100 คนแรก พบว่า มีผู้ที่ทำคะแนนผ่านเกณฑ์ 70% และได้รับประกาศนียบัตร จำนวน 71 คน คิดเป็น ร้อยละ 71 มีคะแนนเฉลี่ยของผู้เข้าเรียน 100 คนแรก คือ 69.84 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 28.85 คะแนน คะแนนสูงสุดคือ 98 คะแนน และคะแนนต่ำสุด คือ 2 คะแนน

เกณฑ์ที่ 2 ผู้สมัครเข้าเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 100 คนแรก

- จำนวนผู้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ 70% ในการได้รับประกาศนียบัตร	100	คน
- คะแนนเฉลี่ย	85.26	คะแนน
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	7.63	คะแนน
- คะแนนสูงสุด	98	คะแนน
- คะแนนต่ำสุด	70	คะแนน

จากข้อมูลที่น่าเสนอสำหรับเกณฑ์ที่ 2 ผู้สมัครเข้าเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 100 คนแรก พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยของผู้เข้าเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 100 คนแรก คือ 85.26 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 7.63 คะแนน คะแนนสูงสุด คือ 98 คะแนน และคะแนนต่ำสุด คือ 70 คะแนน

เมื่อนำผลวิเคราะห์จากเกณฑ์ทั้งสองมาพิจารณาร่วมกัน จะพบว่าการใช้บทเรียนออนไลน์ในช่วงแรก ผู้เรียนยังทำกิจกรรมการเรียนไม่ครบทุกเนื้อหาของหลักสูตร ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนออนไลน์แบบเปิดที่ไม่จำกัดเวลาและสถานที่ อาจมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียน เช่น การใช้เวลาในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่แตกต่างกัน วิธีการเรียนรู้ที่ต้องควบคุมตนเอง การรับรู้ความสามารถของตนเอง การสนับสนุนด้านการใช้เทคโนโลยี เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Lee, Watson, & Watson (2020) และ Gamaga, Fernando, & Perera (2015)

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการดำเนินงานไปใช้ในการอบรมครูผลิตสื่อออนไลน์

1) ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ที่มีประสบการณ์ในโรงเรียนที่มีการสอนร่วมสามารถนำความรู้ไปผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์หรือปรับปรุงสื่อที่มีอยู่ให้สามารถสนับสนุนผู้บกพร่องทางการมองเห็น โดยเฉพาะผู้เรียนที่มองเห็นเลือนราง เพราะแอปพลิเคชันและโปรแกรมที่แนะนำไว้ในเนื้อหาการอบรมสามารถผลิตสื่อที่ย่อหรือขยายภาพให้มีความคมชัดในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท ได้แก่ แท็บเล็ต iPad โทรศัพท์มือถือ และคอมพิวเตอร์แบบต่าง ๆ

2) ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ควรมีพื้นฐานความรู้เรื่องการใช้เทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ เพราะมีศัพท์เฉพาะที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานตามคำสั่งของแอปพลิเคชันและโปรแกรมต่าง ๆ

3) การใช้รูปแบบการอบรมออนไลน์ด้วย Zoom Meetings ช่วยให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยากรที่ให้การอบรมและผู้รับการอบรม เช่น การซักถามและการอภิปรายร่วมกัน

4) ข้อเสนอแนะในการผลิตบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC)

5) กำหนดวัตถุประสงค์และกลุ่มเป้าหมายที่ชัดเจน

6) คำนึงถึงเกณฑ์มาตรฐานของการผลิตบทเรียน ในประเด็นต่อไปนี้

- เนื้อหามีความทันสมัย ทันต่อการเปลี่ยนแปลง
- ลำดับเรื่อง เข้าใจง่าย ชวนติดตาม
- รูปแบบการนำเสนอ สวยงาม เข้าใจง่าย
- ตัวอย่าง/กรณีศึกษา เพียงพอ ชัดเจน
- รูปแบบกิจกรรม/แบบทดสอบ เหมาะสม ชัดเจน
- ภาพคมชัด/กราฟิกมีขนาด สีสันเหมาะสม
- เสียงที่ใช้ในสื่อ เหมาะสม ชัดเจน

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานครั้งต่อไป

1) ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนปกติสามารถนำความรู้ไปผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์หรือปรับปรุงสื่อที่มีอยู่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนปกติได้ เพราะแอปพลิเคชันและโปรแกรมที่แนะนำไว้ในเนื้อหาการอบรมสามารถผลิตสื่อที่ย่อหรือขยายภาพให้มีความคมชัดในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทได้

2) ครูผู้สอนรายวิชาอื่น ๆ สามารถประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันและโปรแกรมที่แนะนำไว้ในเนื้อหาการอบรมผลิตสื่อที่ย่อหรือขยายภาพให้มีความคมชัดในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทได้

3) กำหนดช่วงเวลาของการอบรมที่ผู้เข้ารับการอบรมสามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ ทุกกิจกรรมตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

4) การออกแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน (MOOC) ควรคำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของผู้เรียน โดยเฉพาะความเชี่ยวชาญของผู้สอน การออกแบบรายวิชาที่ทันสมัยและตรงกับความต้องการของผู้เรียน การใช้เวลาในการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน มีการวัดผลประเมินผลที่ผู้เรียนติดตามความก้าวหน้าได้ตลอดระยะเวลาที่เข้าเรียน และสร้างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ด้วยการให้ประกาศนียบัตรที่สามารถนำไปเพิ่มวิทยะฐานะได้ เป็นต้น

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ (2552). ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง กำหนดประเภทและหลักเกณฑ์ของคณพิการทางการศึกษา พ.ศ. 2552 ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126/ตอนพิเศษ 80 ง/หน้า 45/8 มิถุนายน 2552.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560.
- ชัชวาลย์ เรื่องประพันธ์. (2556). *สถิติพื้นฐาน* (พิมพ์ครั้งที่ 1[ฉบับปรับปรุง]). ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- น้องนุช ธราดลรัตน์นกร และ ณัฐพล รำไพ. (2563). การพัฒนารูปแบบการฝึกอบรมออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีมัลติมีเดียเชิงปฏิสัมพันธ์ตามแนวคอนสตรัคติวิซิม เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีของครูประจำการ. *วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา* 14(3), 235 – 246.
- บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2551). *ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์
- มลฤดี มณีล้ำ และ ไพรินทร์ สุวรรณ ศรี. (2564). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ พลวัต GeoGebra เรื่อง ปริซึมเพื่อเพิ่มความคิดเชิงเรขาคณิตสามมิติ. *วารสารวิทยาศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์ศึกษา (JSSE)*, 4(2), 255-263.
- ระเบียบ สิทธิชัย, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, นวลจิตต์ เขาวงกตพิงศ์, และ มนัสบุญประกอบ. (2555). การพัฒนาหลักสูตรอบรมครูทางอิเล็กทรอนิกส์ เรื่องการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ สำหรับครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา. *วารสารสมาคมนักวิจัย* 17(3), 88 – 101.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2563). คู่มือการจัดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2563. กรุงเทพฯ ฯ สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).
- สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2551). พระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการ พ.ศ. 2551 (ลงวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2551)
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.(2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ ฯ โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, 2551.
- สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา. (2562). ข้อบังคับคุรุสภา ว่าด้วยมาตรฐานวิชาชีพ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 136/ตอนพิเศษ 68 ง/หน้า 18/20 มีนาคม 2562.

อัจฉรา ธานีกุล และ พุชชดี ศิริแสงตระกูล. (2558). ระบบแปลงนิพจน์คณิตศาสตร์เป็นข้อความภาษาไทย. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34 ประจำปี พ.ศ. 2558* (หน้า 208 – 216). คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อินทร์ธิดา คำภีระ. (2566). ผลการเรียนรู้ออนไลน์บนระบบจัดการ Thai MOOC ในรายวิชา kmutt001 การอ่านแบบเขียนแบบทางวิศวกรรมโยธา. *การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28*, 28, CEE07-1.

Adenegan, K. E., & Abiodun, O. A. (2018). Usage of Zoom Cloud Meeting for virtual meetings and e-learning. *Sustainable development goals paradigm shift: An educational approach*, 1-13.

Admiraal, W., Huisman, B., & Pilli, O. (2015). Assessment in massive open online courses. *Electronic Journal of E-learning*, 13(4), pp207-216.

Ahmetovic, D., Bernareggi, C., Bracco, M., Murru, N., Armano, T., & Capietto, A. (2021, April). LaTeX as an inclusive accessibility instrument for highschool mathematical education. In *Proceedings of the 18th international web for all conference* (pp. 1-9).

Alarafeen, O. S. M. (2021). The Effectiveness of Using Formative Assessment Tools in K12 Learning Environment. *Online Submission*.

Aziz, S. F. A., Hussein, N., Husin, N. A., & Ibrahim, M. A. (2022). Trainers' Characteristics Affecting Online Training Effectiveness: A Pre-Experiment among Students in a Malaysian Secondary School. *Sustainability*, 14(17), 11047.

Badia, A., Garcia, C., & Meneses, J. (2017). Approaches to teaching online: Exploring factors influencing teachers in a fully online university. *British Journal of Educational Technology*, 48(6), 1193-1207.

Bingol, I., Kursun, E., & Kayaduman, H. (2020). Factors for success and course completion in Massive Open Online Courses through the lens of participant types. *Open Praxis*, 12(2), 223-239.

Bose, R., Bauer, M. A., & Jürgensen, H. (2020, September). Utilizing Machine Learning Models for Developing a Comprehensive Accessibility System for Visually Impaired People. In *ICCHP* (p. 83).

Bruhn, R., & Burton, P. (2004, April). Displaying mathematics in a web browser using MathML and SVG. In *Proceedings of the 2nd annual conference on Mid-south college computing* (pp. 97-106).

- Brzostek-Pawłowska, J., Rubin, M., & Salamończyk, A. (2019). Enhancement of math content accessibility in EPUB3 educational publications. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 25(1-2), 31-56.
- ElSayary, A. (2023). The impact of a professional upskilling training programme on developing teachers' digital competence. *Journal of Computer Assisted Learning*.
- Erna, N., Genisa, R. A. A., Muslaini, F., & Suhartini, T. (2022). The Effectiveness of Media Zoom Meetings as Online Learning during the Covid-19 Pandemic. *ELT-Lectura*, 9(1), 48-55.
- Fitzpatrick, D., Murray, S., Van Leendert, A., Brzostek-Pawłowska, J., & Rubin, M. (2018). A comparative analysis of ICT tools and the mathematical education of blind and visually impaired people in Ireland, Poland, the Netherlands, and neighbouring countries.
- Gamage, D., Fernando, S., & Perera, I. (2015, August). Factors leading to an effective MOOC from participants perspective. In 2015 8th International Conference on Ubi-Media Computing (UMEDIA) (pp. 230-235). IEEE.
- Horton, J. K. (1988). Education of visually impaired pupils in ordinary school. *Guides for Special Education* No.6.
- Isaila, N., & Smeureanu, I. (2010). The access of persons with visual disabilities at the scientific content. *WSEAS Transactions on Computers*, 9(7), 788-797.
- Kafyulilo, A., Fisser, P., Pieters, J., & Voogt, J. (2015). ICT use in science and mathematics teacher education in Tanzania: Developing technological pedagogical content knowledge. *Australasian journal of educational technology*, 31(4).
- Lee, D., Watson, S. L., & Watson, W. R. (2020). The influence of successful MOOC learners' self-regulated learning strategies, self-efficacy, and task value on their perceived effectiveness of a massive open online course. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 21(3), 81-98.
- Maćkowski, M., Brzoza, P., Meisel, R., Bas, M., & Spinczyk, D. (2020, September). Platform for math learning with audio-tactile graphics for visually impaired students. In *ICCHP* (p. 75).

- Marpa, E. P. (2021). Technology in the Teaching of Mathematics: An Analysis of Teachers' Attitudes during the COVID-19 Pandemic. *International Journal on Studies in Education (IJonSE)*, 3(2).
- McLennan, D., Webber, J., & Britt, J. (2022). *ADCET guidelines: online access for tertiary students who are blind or vision impaired*. Launceston, Tasmania: Australian Disability Clearinghouse on Education and Training and Blind Citizens Australia, 2022.
- Mejía, P., Martini, L. C., Grijalva, F., Larco, J. C., & Rodríguez, J. C. (2021). A survey on mathematical software tools for visually impaired persons: A practical perspective. *IEEE Access*, 9, 66929-66947.
- Meyer, K. A., & Murrell, V. S. (2014). A national study of training content and activities for faculty development for online teaching. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 18(1), n1.
- Oyebanji, M. S., & Idiong, U. S. (2021). Challenges of Teaching Mathematics to Students with Visual Impairment. *Malikussaleh Journal of Mathematics Learning*, 4(1), 1-6.
- Quinlan, J. (2013). GeoGebra as a frontend to generating graphics for LaTeX. *North American GeoGebra Journal*, 2(1).
- Romberg, T. A. (Ed.). (1995). *Reform in school mathematics and authentic assessment*. State University of New York Press.
- Rose, D. H., & Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Sauer, L. (2020). Mathematics for visually impaired students: increasing accessibility of mathematics resources with LaTeX and Nemeth MathSpeak.
- Stevens, R., & Edwards, A. (1994, September). Mathtalk: The design of an interface for reading algebra using speech. In *International Conference on Computers for Handicapped Persons* (pp. 313-320). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

- Wan Hassan, W. A. S., Ariffin, A., Ahmad, F., Hamzah, N., Rubani, S. N. K., Zakaria, N., & Hassan, W. (2020). Students' perceptions of using Zoom meet webinar during COVID-19 pandemic in technical and vocational education. *Journal of Critical Reviews*, 7(19), 5853-5858.
- Wanjiru, M.M. (2014). Pedagogical challenges facing mathematics teachers of learners with visual impairments at Thika Primary School for the Blind, Kiambu County. Unpublished master's thesis, Kenyatta University.
- Wongkia, W., Naruedomkul, K., & Cercone, N. (2012). i-Math: Automatic math reader for Thai blind and visually impaired students. *Computers & Mathematics with Applications*, 64(6), 2128-2140.
- Wolf, P. D. (2006). Best practices in the training of faculty to teach online. *Journal of Computing in Higher Education*, 17, 47-78.
- Yamane, T. (1970). *Statistics: An introductory analysis* (2nd ed). Tokyo: John Weather Hill.
- Zukhrufurrohmah, Z., & Dintarini, M. (2021). Microsoft Form as a Scaffolding-Based Geometry Learning Media in Online Learning. *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 12(2), 252-263.

สำนักงานคณะกรรมการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

สำนักงานเลขาธิการ

ภาคผนวก

กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

ภาคผนวก ก ภาพการลงพื้นที่เก็บข้อมูลและประชุมเตรียมงาน

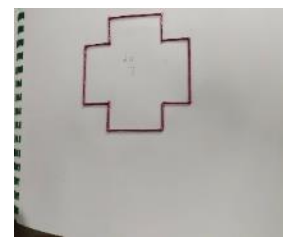
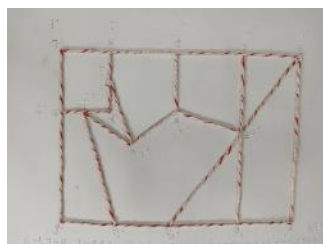
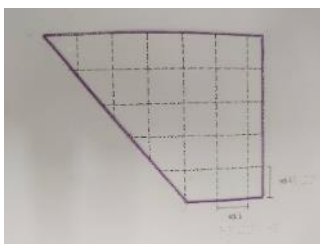
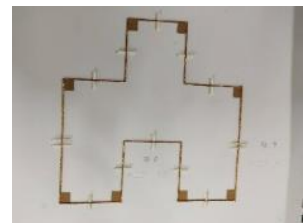
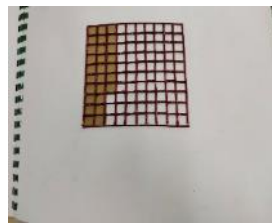
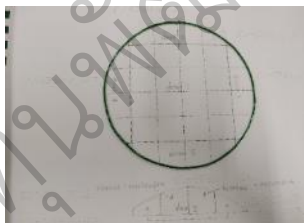
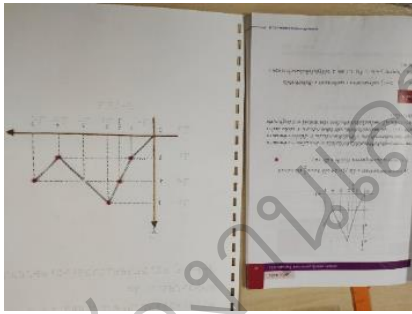
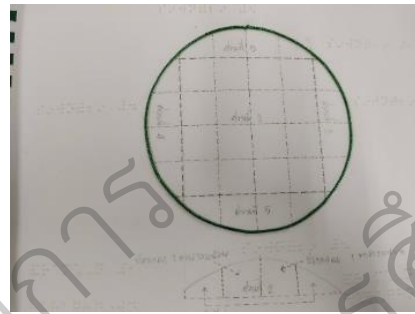
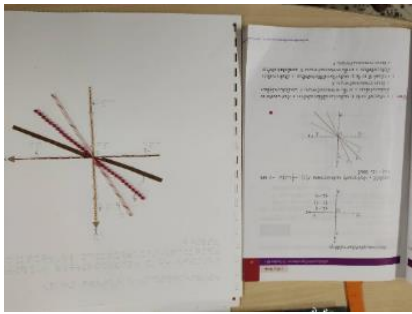
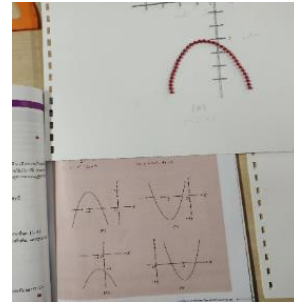
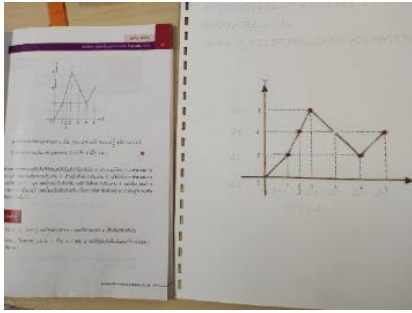
สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

ศูนย์พัฒนาสมรรถภาพคนตาบอดและโรงเรียนการศึกษาคนตาบอดลำปาง





กองท...



โรงเรียนสระบุรีวิทยาคม จังหวัดสระบุรี



โรงเรียนสา จังหวัดน่าน



โรงเรียนราชสิมาวิทยาลัย
จังหวัดนครราชสีมา



โรงเรียนปักธงชัยประชานิรมิต
จังหวัดนครราชสีมา



การประชุมเตรียมงาน



สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

ภาคผนวก ข หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

วิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม
๑๑๑/๕ หมู่ ๒ ตำบลคลองโยง อำเภอพุทธมณฑล
นครปฐม ๗๓๑๗๐

วันที่ ๒ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์

เรียน อาจารย์มรกต ก้อนทอง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. สื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

๒. แบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น

ข้าพเจ้า รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ หัวหน้าโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น และอาจารย์สังกัดวิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ศิริวรรณ (ที่ปรึกษาโครงการ) ดร.บุญทอง บุญทวี อาจารย์ลือชัย ทิพรังศรี และ ดร.พงศธรพี แก้วไทรชะ (ผู้ร่วมโครงการ) ได้รับอนุมัติจากสำนักงานงานเลขานุการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ในการดำเนินงานโครงการดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูคณิตศาสตร์ให้ผลิตสื่อออนไลน์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น

ทั้งนี้โครงการดังกล่าวได้ผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์เป็นตัวอย่างให้แก่ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบเรียนร่วมสำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น ประเภท เลื่อนราง ที่สังกัดเขตการศึกษามัธยมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งคณะทำงานได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์และประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญการประเมินคุณภาพของสื่อต้นแบบตัวอย่างและให้คำแนะนำ (ตามแบบฟอร์มที่ส่งมาด้วย) เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ประกอบการอบรม ของโครงการต่อไป และส่งแบบประเมินให้คณะทำงานทราบภายในวันที่ ๑๗ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖ ขอขอบคุณล่วงหน้ามา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ)

(หัวหน้าโครงการ)

วิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม
๑๑๑/๕ หมู่ ๒ ตำบลคลองโยง อำเภอพุทธมณฑล
นครปฐม ๗๓๑๗๐

วันที่ ๒ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖

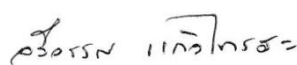
เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์
เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.โกมล ไพศาล
สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. สื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
๒. แบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์

เนื่องด้วยรองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ หัวหน้าโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น และอาจารย์สังกัดวิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม ประกอบด้วยรองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ศิริวรรณ (ที่ปรึกษาโครงการ) ดร.บุญทอง บุญทวี อาจารย์ลือชัย ทิพรังศรี และ ดร.พงษ์ระพี แก้วไทรชะ (ผู้ร่วมโครงการ) ได้รับอนุมัติจากสำนักงานงานเลขานุการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ในการดำเนินงานโครงการดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูคณิตศาสตร์ให้ผลิตสื่อออนไลน์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น

ทั้งนี้โครงการดังกล่าวได้ผลิตสื่อตัวออนไลน์คณิตศาสตร์เป็นตัวอย่างให้แก่ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบเรียนร่วมสำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น ประเภทเลื่อนราง ที่สังกัดเขตการศึกษามัธยมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งคณะทำงานได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์และประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญการประเมินคุณภาพของสื่อต้นแบบตัวอย่างและให้คำแนะนำ (ตามแบบฟอร์มที่ส่งมาด้วย) เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ประกอบการอบรม ของโครงการต่อไป และส่งแบบประเมินให้คณะทำงานทราบภายในวันที่ ๑๕ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖ ขอขอบคุณอย่างมากมาย ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ)

หัวหน้าโครงการ

วิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม
๑๑๑/๕ หมู่ ๒ ตำบลคลองโยง อำเภอพุทธมณฑล
นครปฐม ๗๓๑๗๐

วันที่ ๒ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖

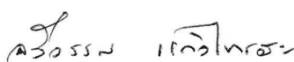
เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์
เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.นิศากร สัจวาระนที
สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. สื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
๒. แบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์

เนื่องด้วยรองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ หัวหน้าโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น และอาจารย์สังกัดวิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม ประกอบด้วยรองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ศิริวรรณ (ที่ปรึกษาโครงการ) ดร.บุญทอง บุญทวี อาจารย์ลือชัย ทิพรังศรี และ ดร.พงศ์ระพี แก้วไทรชะ (ผู้ร่วมโครงการ) ได้รับอนุมัติจากสำนักงานงานเลขานุการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ในการดำเนินงานโครงการดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูคณิตศาสตร์ให้ผลิตสื่อออนไลน์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น

ทั้งนี้โครงการดังกล่าวได้ผลิตสื่อตัวออนไลน์คณิตศาสตร์เป็นตัวอย่างให้แก่ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบเรียนร่วมสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น ประเภทเลื่อนราง ที่สังกัดเขตการศึกษามัธยมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งคณะทำงานได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์และประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญการประเมินคุณภาพของสื่อต้นแบบตัวอย่างและให้คำแนะนำ (ตามแบบฟอร์มที่ส่งมาด้วย) เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ประกอบการอบรม ของโครงการต่อไป และส่งแบบประเมินให้คณะทำงานทราบภายในวันที่ ๑๕ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖ ขอขอบคุณอย่างมากมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ)

หัวหน้าโครงการ

วิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม
๑๑๑/๕ หมู่ ๒ ตำบลคลองโยง อำเภอพุทธมณฑล
นครปฐม ๗๓๑๗๐

วันที่ ๒ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภัฏญารัตน์ บุชบรรณ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. สื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

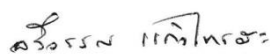
๒. แบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์

เนื่องด้วยรองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ หัวหน้าโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น และอาจารย์สังกัดวิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม ประกอบด้วยรองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ศิริวรรณ (ที่ปรึกษาโครงการ) ดร.บุญทอง บุญทวี อาจารย์ลือชัย ทิพรังศรี และ ดร.พงษ์ระพี แก้วไทรชะ (ผู้ร่วมโครงการ) ได้รับอนุมัติจากสำนักงานงานเลขานุการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ในการดำเนินงานโครงการดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูคณิตศาสตร์ให้ผลิตสื่อออนไลน์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น

ทั้งนี้โครงการดังกล่าวได้ผลิตสื่อตัวออนไลน์คณิตศาสตร์เป็นตัวอย่างให้แก่ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบเรียนร่วมสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น ประเภทเลื่อนราง ที่สังกัดเขตการศึกษามัธยมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งคณะทำงานได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์และประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญการประเมินคุณภาพของสื่อต้นแบบตัวอย่างและให้คำแนะนำ (ตามแบบฟอร์มที่ส่งมาด้วย) เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ประกอบการอบรม ของโครงการต่อไป และส่งแบบประเมินให้คณะทำงานทราบภายในวันที่ ๑๕ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖ ขอขอบคุณอย่างมาก มา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ)

หัวหน้าโครงการ

วิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม
๑๑๑/๕ หมู่ ๒ ตำบลคลองโยง อำเภอพุทธมณฑล
นครปฐม ๗๓๑๗๐

วันที่ ๒ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์

เรียน อาจารย์มนิรัตน์ พารา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. สื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

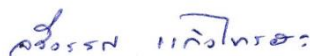
๒. แบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น

ข้าพเจ้า รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ หัวหน้าโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น และอาจารย์สังกัดวิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม ประกอบด้วยรองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ศิริวรรณ (ที่ปรึกษาโครงการ) ดร.บุญทอง บุญทวี อาจารย์ลือชัย ทิพรังศรี และ ดร.พงศัระพี แก้วไทรชะ (ผู้ร่วมโครงการ) ได้รับอนุมัติจากสำนักงานงานเลขานุการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ในการดำเนินงานโครงการดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูคณิตศาสตร์ให้ผลิตสื่อออนไลน์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น

ทั้งนี้โครงการดังกล่าวได้ผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์เป็นตัวอย่างให้แก่ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบเรียนร่วมสำหรับผู้ปกครองทางการมองเห็น ประเภทเลื่อนราง ที่สังกัดเขตการศึกษามัธยมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งคณะทำงานได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์และประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของสื่อต้นแบบตัวอย่างและให้คำแนะนำ (ตามแบบฟอร์มที่ส่งมาด้วย) เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ประกอบการอบรม ของโครงการต่อไป และส่งแบบประเมินให้คณะทำงานทราบภายในวันที่ ๑๗ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖ ขอขอบคุณล่วงหน้ามา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ)

(หัวหน้าโครงการ)

วิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม
๑๑๑/๕ หมู่ ๒ ตำบลคลองโยง อำเภอพุทธมณฑล
นครปฐม ๗๓๑๗๐

วันที่ ๒ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์

เรียน อาจารย์ศิริรินทร์รา คำฟู

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. สื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

๒. แบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น

ข้าพเจ้า รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ หัวหน้าโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น และอาจารย์สังกัดวิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตนครปฐม ประกอบด้วยรองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ศิริวรรณ (ที่ปรึกษาโครงการ) ดร.บุญทอง บุญทวี อาจารย์ลือชัย ทิพรังศรี และ ดร.พงศัรพี แก้วไทรชะ (ผู้ร่วมโครงการ) ได้รับอนุมัติจากสำนักงานงานเลขานุการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ในการดำเนินงานโครงการดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูคณิตศาสตร์ให้ผลิตสื่อออนไลน์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น

ทั้งนี้โครงการดังกล่าวได้ผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์เป็นตัวอย่างให้แก่ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบเรียนร่วมสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น ประเภทเลื่อนราง ที่สังกัดเขตการศึกษามัธยมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งขณะทำงานได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์และประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของสื่อต้นแบบตัวอย่างและให้คำแนะนำ (ตามแบบฟอร์มที่ส่งมาด้วย) เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ประกอบการอบรม ของโครงการต่อไป และส่งแบบประเมินให้คณะทำงานทราบภายในวันที่ ๑๗ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖ ขอขอบคุณล่วงหน้ามา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ)

(หัวหน้าโครงการ)

๓ แยก ๓๗ รามคำแหง ๑๑๘

เขตสะพานสูง

กรุงเทพมหานคร ๑๐๒๔๐

วันที่ ๑๐ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพรายวิชาการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับ
ผู้บกพร่องทางการมองเห็น

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนพรพรช พุกกะวัน

อ้างอิง หนังสือที่ อว ๐๒๒๐/๑๘๖๒๔ ลงวันที่ ๒๒ กันยายน ๒๕๖๖

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. ลิงค์รายวิชาการผลิตสื่อออนไลน์ฯ บนแพลตฟอร์ม Thai MOOC
๒. แบบประเมินคุณภาพของรายวิชา
๓. ประมวลรายวิชา

ดิฉันรองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา
สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ เพื่อดำเนินโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ที่
สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อ
ออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและเผยแพร่ความรู้ในการผลิตสื่อออนไลน์
คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน
(MOOC)

ตามหนังสือที่อ้างถึง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ได้อนุเคราะห์ใช้พื้นที่เปิด
รายวิชาผ่านระบบ Thai MOOC แล้ว สำหรับการดำเนินงานครั้งนี้ กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สำนักงาน
ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ได้มอบหมายให้ ดร. พงศ์ระพี แก้วไทรชะ ผู้ร่วมโครงการเป็นผู้ประสานงานเรื่องการเปิด
รายวิชา ซึ่งต้องมีผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของรายวิชา ก่อน ดิฉันและคณะกรรมการร่วมโครงการได้พิจารณาเห็น
ว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น จึงใคร่ขอความ
อนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญการประเมินคุณภาพของรายวิชาและให้คำแนะนำ (ตามแบบฟอร์มและประมวล
รายวิชาที่ส่งมาด้วย) เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เผยแพร่ให้กับครูผู้สอนคณิตศาสตร์และผู้สนใจในการผลิตสื่อ
ออนไลน์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและผู้เรียนทั่วไปได้ ท่านกรุณาส่งแบบประเมินให้
คณะทำงานทราบภายในวันที่ ๒๐ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ อีเมล chaweewan.ka@ssru.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ด้วย และขอขอบคุณอย่างมากมาย โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ

(รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ)

หัวหน้าโครงการ

๓ แยก ๓๗ รามคำแหง ๑๑๘

เขตสะพานสูง

กรุงเทพมหานคร ๑๐๒๔๐

วันที่ ๑๐ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพรายวิชาการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับ
ผู้บกพร่องทางการมองเห็น

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถศาสตร์ นิมิตรพันธ์

อ้างถึง หนังสือที่ อว ๐๒๒๐/๑๘๖๒๔ ลงวันที่ ๒๒ กันยายน ๒๕๖๖

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. ลิงค์รายวิชาการผลิตสื่อออนไลน์ฯ บนแพลตฟอร์ม Thai MOOC
๒. แบบประเมินคุณภาพของรายวิชา
๓. ประมวลรายวิชา

ดิฉันรองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา
สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ เพื่อดำเนินโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ที่
สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อ
ออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและเผยแพร่ความรู้ในการผลิตสื่อออนไลน์
คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน
(MOOC)

ตามหนังสือที่อ้างถึง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ได้อนุญาตให้พื้นที่เปิด
รายวิชาผ่านระบบ Thai MOOC แล้ว สำหรับการดำเนินงานครั้งนี้ กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สำนักงาน
ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ได้มอบหมายให้ ดร. พงศ์ระพี แก้วไทรชะ ผู้ร่วมโครงการเป็นผู้ประสานงานเรื่องการเปิด
รายวิชา ซึ่งต้องมีผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของรายวิชา ก่อน ดิฉันและคณะกรรมการร่วมโครงการได้พิจารณาเห็น
ว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น จึงใคร่ขอความ
อนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญการประเมินคุณภาพของรายวิชาและให้คำแนะนำ (ตามแบบฟอร์มและประมวล
รายวิชาที่ส่งมาด้วย) เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เผยแพร่ให้กับครูผู้สอนคณิตศาสตร์และผู้สนใจในการผลิตสื่อ
ออนไลน์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและผู้เรียนทั่วไปได้ ท่านกรุณาส่งแบบประเมินให้
คณะทำงานทราบภายในวันที่ ๒๐ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ อีเมล chaweewan.ka@ssru.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ด้วย และขอขอบคุณอย่างมากมาย โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ)

หัวหน้าโครงการ

๓ แยก ๓๗ รามคำแหง ๑๑๘
เขตสะพานสูง
กรุงเทพมหานคร ๑๐๒๔๐

วันที่ ๑๐ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพรายวิชาการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับ
ผู้บกพร่องทางการมองเห็น
เรียน อาจารย์ครรชิต สมจิตต์
อ้างถึง หนังสือที่ อว ๐๒๒๐/๑๘๖๒๔ ลงวันที่ ๒๒ กันยายน ๒๕๖๖
สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. ลิงค์รายวิชาการผลิตสื่อออนไลน์ฯ บนแพลตฟอร์ม Thai MOOC
๒. แบบประเมินคุณภาพของรายวิชา
๓. ประมวลรายวิชา

ดิฉันรองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา
สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ เพื่อดำเนินโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ที่
สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อ
ออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและเผยแพร่ความรู้ในการผลิตสื่อออนไลน์
คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน
(MOOC)

ตามหนังสือที่อ้างถึง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ได้อนุเคราะห์ใช้พื้นที่เปิด
รายวิชาผ่านระบบ Thai MOOC แล้ว สำหรับการดำเนินงานครั้งนี้ กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สำนักงาน
ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ได้มอบหมายให้ ดร. พงศ์ระพี แก้วไทรชะ ผู้ร่วมโครงการเป็นผู้ประสานงานเรื่องการเปิด
รายวิชา ซึ่งต้องมีผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของรายวิชา ก่อน ดิฉันและคณะกรรมการร่วมโครงการได้พิจารณาเห็น
ว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น จึงใคร่ขอความ
อนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญการประเมินคุณภาพของรายวิชาและให้คำแนะนำ (ตามแบบฟอร์มและประมวล
รายวิชาที่ส่งมาด้วย) เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เผยแพร่ให้กับครูผู้สอนคณิตศาสตร์และผู้สนใจในการผลิตสื่อ
ออนไลน์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและผู้เรียนทั่วไปได้ ท่านกรุณาส่งแบบประเมินให้
คณะทำงานทราบภายในวันที่ ๒๐ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ อีเมล chaweewan.ka@ssru.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ด้วย และขอขอบคุณอย่างมากมาย โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ)

หัวหน้าโครงการ

๓ แยก ๓๗ รามคำแหง ๑๑๘

เขตสะพานสูง

กรุงเทพมหานคร ๑๐๒๔๐

วันที่ ๑๐ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพข้อสอบรายวิชาการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์
สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิพงศ์ บุญผดุง

อ้างถึง หนังสือที่ อว ๐๒๒๐/๑๘๖๒๔ ลงวันที่ ๒๒ กันยายน ๒๕๖๖

สิ่งที่ส่งมาด้วย ตารางแสดงข้อคำถาม/ข้อสอบ

ดิฉันรองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรหะ ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา
สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ เพื่อดำเนินโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อการสอนออนไลน์คณิตศาสตร์ที่
สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมครูผู้สอนให้สามารถผลิตสื่อ
ออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและเผยแพร่ความรู้ในการผลิตสื่อออนไลน์
คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน
(MOOC)

ตามหนังสือที่อ้างถึง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ได้อนุเคราะห์ให้พื้นที่เปิด
รายวิชาผ่านระบบ Thai MOOC แล้ว สำหรับการดำเนินงานครั้งนี้ กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สำนักงาน
ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ได้มอบหมายให้ ดร. พงศ์ระพี แก้วไทรหะ ผู้ร่วมโครงการเป็นผู้ประสานงานเรื่องการเปิด
รายวิชา ซึ่งต้องมีผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของข้อสอบสำหรับรายวิชารหัส EDTECHFUND001 ก่อน ดิฉันและ
คณะกรรมการร่วมโครงการได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์ด้านการวัดผลและประเมินผล จึงใคร่ขอความ
อนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญการประเมินคุณภาพของข้อสอบและให้คำแนะนำ (ตามแบบฟอร์มส่งมาด้วย) เพื่อ
เป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ประกอบการเผยแพร่ให้กับครูผู้สอนคณิตศาสตร์และผู้สนใจในการผลิตสื่อออนไลน์ที่
สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและผู้เรียนทั่วไปได้ ท่านกรุณาส่งแบบประเมินให้คณะทำงาน
ทราบภายในวันที่ ๒๐ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ อีเมล chaweewan.ka@ssru.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ด้วย และขอขอบคุณอย่างมากมาย ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ แก้วไทรหะ)

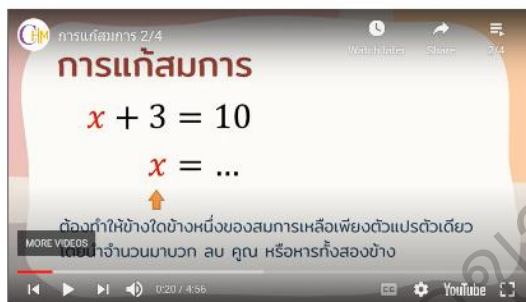
หัวหน้าโครงการ

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา
ภาคผนวก ค ตัวอย่างสื่อต้นแบบ

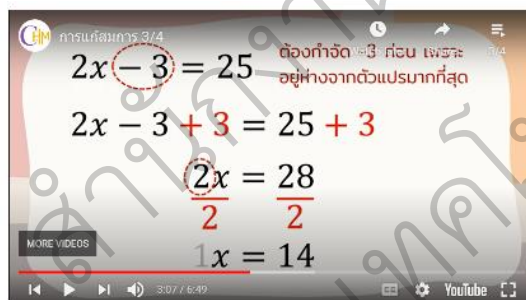
วิดีโอบทเรียน เรื่อง การแก้สมการ



<https://www.youtube.com/watch?v=lGLj3R8aQaA>



<https://www.youtube.com/watch?v=g0n6BgUzBrA>

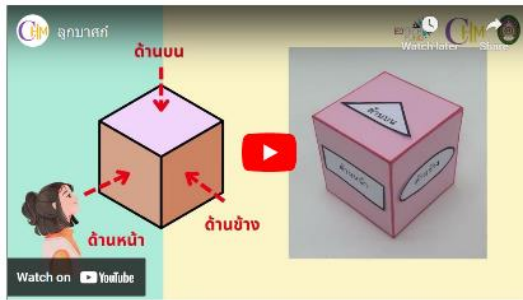


<https://www.youtube.com/watch?v=GfAl36Yw1Fc>



<https://www.youtube.com/watch?v=14m2xGvS-uQ>

วิดีโอทเรียน เรื่อง ลูกบาศก์



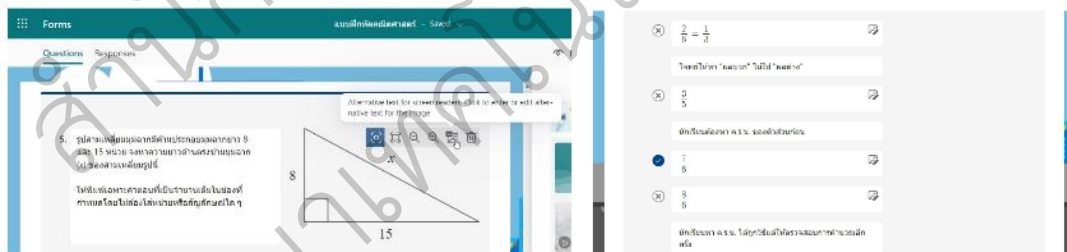
<https://www.youtube.com/watch?v=Yp2j55efFRo>

วิดีโอทเรียน เรื่อง รูปเรขาคณิตที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์



<https://www.youtube.com/watch?v=Obmcz1E57Rs>

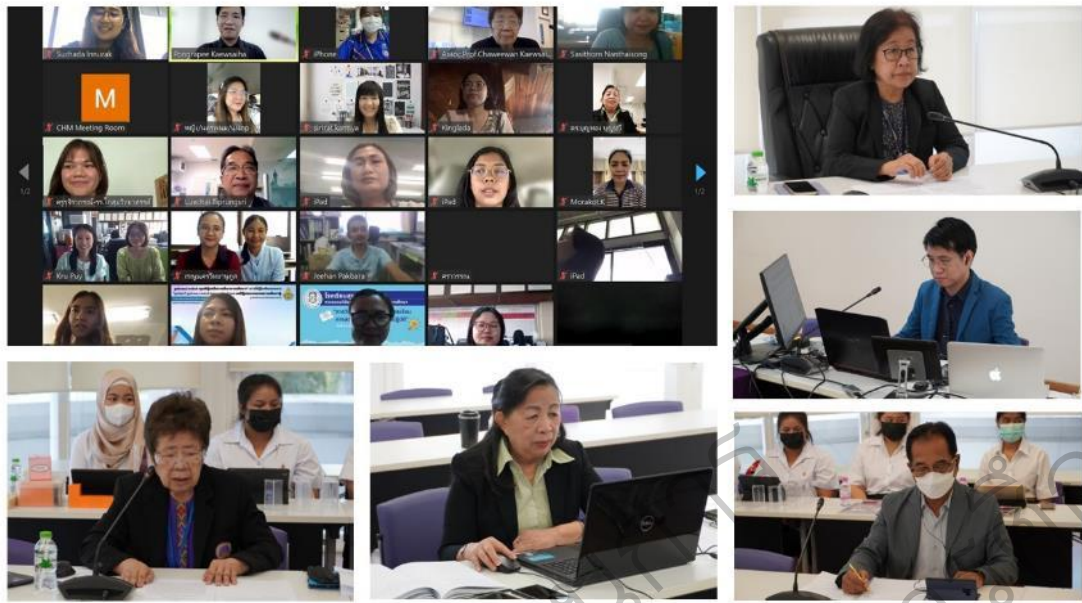
แบบทดสอบออนไลน์ Microsoft Forms



<https://forms.office.com/r/PUgbu1bCYH>

ภาคผนวก ง ภาพกิจกรรมการอบรมครูออนไลน์

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา



สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

ภาคผนวก จ ตัวอย่างสื่อประกอบการอบรม (หน้าเว็บไซต์)

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

หน้าแรก	การเรียนรู้ของผู้ปกครองฯ	องค์ประกอบสื่อ
	รูปภาพ	>
	สมการ	>
	เอกสาร	
	หน้าเว็บ	
	วิดีโอ	
	ข้อสอบ	

หน้าแรก

เกี่ยวกับเว็บไซต์

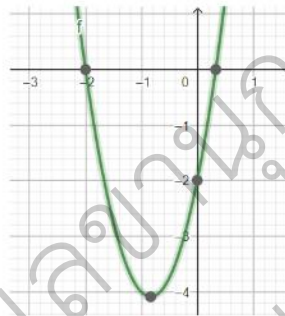
เว็บไซต์นี้นำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น ตัวอย่างสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่มีคุณลักษณะดังกล่าว รวมถึงวิธีการปรับปรุงสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่มีอยู่เดิมให้สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น ตัวอย่างเทคนิคที่นำเสนอในเว็บไซต์นี้ ได้แก่

- การใช้ภาพเวกเตอร์กราฟิกส์
- การพิมพ์สมการโดยใช้ LaTeX

$$3x^2 + 5x - 2 = 0$$

$$(3x - 1)(x + 2) = 0$$

$$x = \frac{1}{3}, -2$$



- การใส่ข้อความแสดงแทน
- การบรรยายในคลิปวิดีโอ
- การเขียนข้อสอบออนไลน์
- เครื่องมือออนไลน์อื่น ๆ

สื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่ผลิตขึ้นโดยใช้เทคนิคที่นำเสนอจะมีความคมชัดและรับรู้ได้ด้วยเสียง เหมาะสำหรับผู้เรียนทุกกลุ่ม ทั้งผู้เรียนสายตาปกติ มองเห็นเลือนราง และตาบอด

ข้อมูลที่นำเสนอในเว็บไซต์นี้ไม่ได้ครอบคลุมการผลิตสื่อที่เป็นอักษรเบรลล์หรือสื่อการสอนที่สัมผัสได้สำหรับผู้พิการทางสายตา แต่เน้นเทคนิคการสร้างและปรับปรุงสื่อออนไลน์ในรูปแบบดิจิทัลให้รองรับการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น โดยเน้นการใช้ซอฟต์แวร์ฟรีและแอปพลิเคชันฟรีที่ใช้งานบนเว็บเป็นหลัก

เว็บไซต์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการเผยแพร่ความรู้ในโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น โดยได้รับทุนอุดหนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565-2566 ดำเนินการผลิตโดยคณาจารย์สาขาคณิตศาสตร์ วิทยาลัยการจัดการอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ผู้รับผิดชอบโครงการ

- รองศาสตราจารย์ จวีร์รณ แก้วไทรชะ (หัวหน้าโครงการ)
- ดร.บุญทอง บุญทวี (ทีมงาน)
- อาจารย์ลือชัย หิพรังศรี (ทีมงาน)
- ดร.พงศระพี แก้วไทรชะ (ทีมงานและวิทยากร)
- รองศาสตราจารย์ ทศนีย์ ศิริวรรณ (ที่ปรึกษาโครงการ)



ภาคผนวก ฉ คู่มือการสำรองข้อมูลเว็บไซต์

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

สื่อประกอบการอบรมครูในโครงการส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็น ได้จัดทำในรูปแบบหน้าเว็บไซต์โดยใช้แพลตฟอร์ม WordPress ซึ่งสื่อประกอบการบรรยายนี้ทำหน้าที่เป็นตัวอย่างสื่อออนไลน์ที่รองรับผู้ปกครองทางการมองเห็นในตัว โดยมีการใช้เทคนิคต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอในบทเรียนมาใช้สร้างส่วนประกอบของเว็บไซต์นี้ ได้แก่

- 1) ภาพประกอบในรูปแบบเวกเตอร์กราฟิกส์
- 2) การใส่ข้อความแสดงแทน (Alt text)
- 3) การแทรกสมการในรูปแบบ LaTeX
- 4) การจัดเค้าโครงหน้าโดยใช้หัวเรื่อง (Headings)
- 5) การแทรก Hyperlinks

นอกจากนั้นเว็บไซต์ที่จัดทำขึ้นยังใช้ในการจัดแสดงบทเรียนตัวอย่างที่ได้พัฒนาขึ้นและผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญอีกด้วย โดยเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นมีการเผยแพร่แบบสาธารณะซึ่งสามารถเข้าชมได้ที่ <https://visualmath.pongrapee.net> ทั้งนี้ผู้รับผิดชอบโครงการจะดูแลเว็บไซต์ดังกล่าวให้สามารถใช้งานได้เป็นเวลา 1 ปีหลังสิ้นสุดโครงการ และจะส่งมอบไฟล์ Backup ของเว็บไซต์ให้กับทางกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา เพื่อให้สามารถนำไปแก้ไขหรือนำไปลงใน Server ใหม่ได้

การจัดเตรียมสภาพแวดล้อม

เพื่อให้แน่ใจว่าไฟล์ Backup สามารถนำไป Restore ได้อย่างถูกต้อง ผู้ดูแลระบบจะต้องจัดเตรียมสภาพแวดล้อมของระบบดังนี้

- 1) WordPress เวอร์ชัน 1.6.4 หรือใหม่กว่า
- 2) ติดตั้งปลั๊กอิน All in one WP Migration ซึ่งพัฒนาโดย ServMask ดังภาพ เนื่องจากไฟล์ Backup ของเว็บไซต์นี้ถูกสร้างขึ้นโดย Plugin ดังกล่าว การ Restore เว็บไซต์จำเป็นต้องใช้ Plugin ตัวเดียวกัน
- 3) ติดตั้งปลั๊กอิน MathJax LaTeX ซึ่งพัฒนาโดย Phillip Lord, Simon Cockell, และ Paul Schreiber ดังภาพ โดยเป็น Plugin ที่ใช้ในการแสดงสมการคณิตศาสตร์ที่รองรับผู้ปกครองทางการมองเห็น
- 4) ติดตั้งปลั๊กอิน SVG Support ซึ่งพัฒนาโดย Benbodhi ดังภาพ เพื่อให้เว็บไซต์ WordPress สามารถแสดงผลภาพ Vector Graphics ประเภท SVG ได้

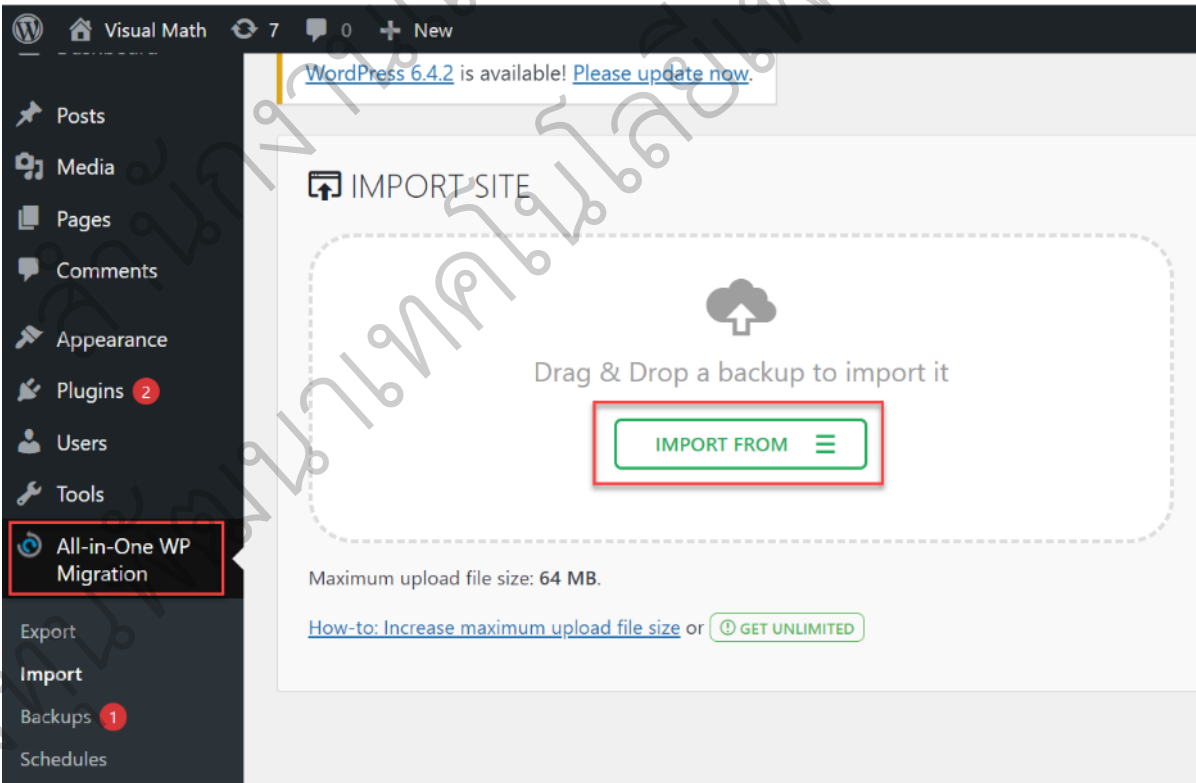


 <p>MathJax-LaTeX</p> <p>This plugin enables MathJax (http://www.mathjax.org) functionality for WordPress (http://www.wordpress.org).</p> <p><i>By Phillip Lord, Simon Cockel, Paul Schreiber</i></p>	 <p>SVG Support</p> <p>Safely upload SVG files to the Media Library with optional sanitization and minification. Render your SVG files inline for direct styling/animation of ...</p> <p><i>By Benbodhi</i></p>
---	--

ข้อควรจำคือห้ามติดตั้งปลั๊กอิน Elementor Website Builder หรือ Plugin สร้างหน้าเว็บอื่น ๆ เนื่องจากโปรแกรมอ่านหน้าจจะไม่รองรับเครื่องมือสร้างหน้าเว็บอื่น ๆ นอกเหนือจากเครื่องมือพื้นฐานทั่วไป

การ Import ไฟล์ Backup

หลังจากจัดเตรียมสภาพแวดล้อมของ Server ตามที่ระบุข้างต้นแล้ว ให้ขยายแถบเครื่องมือของ All-in-One WP Migration ขึ้นมา และเลือกเมนู Import จากนั้นให้เลือกไฟล์ Backup ที่เตรียมไว้ (ไฟล์นามสกุล .wpress) และระบบจะทำการ Restore เว็บไซต์ไปยัง Server ปลายทางที่กำหนด



The screenshot shows the WordPress dashboard with the All-in-One WP Migration plugin interface. The 'Import' section is active, displaying a 'Drag & Drop a backup to import it' area with an 'IMPORT FROM' button highlighted in a red box. The sidebar menu also has 'All-in-One WP Migration' highlighted in a red box.

เค้าโครงเว็บไซต์

เค้าโครงเว็บไซต์ปัจจุบันเป็นดังที่แสดงต่อไปนี้ การปรับเปลี่ยนเค้าโครง เพิ่มหน้า หรือแก้ไขหน้าใด ๆ ให้ไปที่เมนู Pages ของ WordPress ภายหลังจากที่นำเข้าไฟล์ Backup เสร็จสมบูรณ์แล้ว

Pages [Add New](#)

All (19) | Published (18) | Draft (1)

[Search Pages](#)

Bulk actions All dates 19 items

<input type="checkbox"/>	Title	Author	<input type="checkbox"/>	Date
<input type="checkbox"/>	ตัวอย่าง — Draft	admin	—	Last Modified 2023/09/23 at 5:17 am
<input type="checkbox"/>	หน้าแรก — Front Page	admin	—	Published 2023/03/01 at 12:41 am
<input type="checkbox"/>	การเรียนของคู่มือพร้อมๆ	admin	—	Published 2023/03/05 at 6:08 am
<input type="checkbox"/>	องค์ประกอบสื่อ	admin	—	Published 2023/03/01 at 5:49 am
<input type="checkbox"/>	— รูปภาพ	admin	—	Published 2023/03/05 at 7:14 pm
<input type="checkbox"/>	— — ข้อความแสดงแทน	admin	—	Published 2023/03/17 at 3:12 am
<input type="checkbox"/>	— — กราฟและแผนภูมิ	admin	—	Published 2023/03/18 at 1:38 am
<input type="checkbox"/>	— — รูปเรขาคณิต	admin	—	Published 2023/03/19 at 10:55 am
<input type="checkbox"/>	— — อินโฟกราฟิกส์	admin	—	Published 2023/03/18 at 12:10 pm
<input type="checkbox"/>	— สมการ	admin	—	Published 2023/03/01 at 5:58 am
<input type="checkbox"/>	— — สมการใน Word	admin	—	Published 2023/03/01 at 6:03 am
<input type="checkbox"/>	— — สมการในไฟล์ PDF	admin	—	Published 2023/03/01 at 6:38 am
<input type="checkbox"/>	— — สมการบนหน้าเว็บ	admin	—	Published 2023/03/01 at 6:41 am
<input type="checkbox"/>	— — — ชุดคำสั่ง LaTeX	admin	—	Published 2023/03/21 at 1:38 am
<input type="checkbox"/>	— — รูปภาพสมการ	admin	—	Published 2023/03/17 at 4:39 am
<input type="checkbox"/>	— เอกสาร	admin	—	Published 2023/03/05 at 1:16 pm
<input type="checkbox"/>	— หน้าเว็บ	admin	—	Published 2023/03/18 at 12:44 pm
<input type="checkbox"/>	— วิดีโอ	admin	—	Published 2023/03/05 at 1:21 pm
<input type="checkbox"/>	— ข้อสอบ	admin	—	Published 2023/03/19 at 11:47 am
<input type="checkbox"/>	Title	Author	<input type="checkbox"/>	Date

Bulk actions 19 items

ภาคผนวก ข เอกสารอนุมัติการใช้พื้นที่บนระบบ Thai MOOC

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา



ที่ อว ๐๒๒๐/๑๘๖๒๔

กระทรวงการอุดมศึกษา
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
ถนนศรีอยุธยา เขตราชเทวี กรุงเทพฯ ๑๐๔๐๐

๒๒ กันยายน ๒๕๖๖

เรื่อง อนุเคราะห์ใช้พื้นที่เปิดรายวิชาผ่านระบบ Thai MOOC

เรียน ปลัดกระทรวงการศึกษาธิการ

อ้างถึง หนังสือสำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ด่วนที่สุด ที่ ศธ ๐๒๒๐/๑๔๒๕๕ ลงวันที่ ๗ กันยายน ๒๕๖๖

ตามหนังสือที่อ้างถึง สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานเลขาธิการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา ขอความอนุเคราะห์ใช้พื้นที่บนระบบ Thai MOOC เปิดรายวิชาการผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น จำนวน ๕ ชั่วโมงการเรียนรู้ พร้อมแนบประมวลรายวิชาและโครงสร้างเนื้อหารายวิชา ความละเอียดแจ้งแล้ว นั้น

สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าประมวลรายวิชาและโครงสร้างเนื้อหารายวิชา เป็นไปตามเงื่อนไข ยินดีอนุเคราะห์การใช้พื้นที่บนระบบ Thai MOOC เพื่อประโยชน์ต่อการเรียนรู้ และเพิ่มศักยภาพของผู้ได้ศึกษาเรียนรู้ ในการนี้ขอให้กรอกข้อมูลเพื่อออกรหัสรายวิชาได้ที่ <https://mcl.thaicyberu.go.th> และได้มอบหมายนายพดล โชติ และนางสาวชนากานต์ ปิ่นวิเศษ ตำแหน่งนักวิชาการศึกษา ให้การสนับสนุนข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ติดต่อโทรศัพท์หมายเลข ๐ ๒๐๓๙ ๕๖๗๓ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ thaimooc@thaicyberu.go.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ศุภชัย ปทุมนากุล)

รองปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ปฏิบัติราชการแทน

ปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

โครงการมหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย

โทรศัพท์ ๐ ๒๐๓๙ ๕๖๗๑-๗๓

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: saraban-tcu@thaicyberu.go.th

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา
ภาคผนวก ซ ประมวลรายวิชาในระบบ Thai MOOC

ประมวลรายวิชา

1. ชื่อหน่วยงาน		
ภาษาไทย	กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา	
ภาษาอังกฤษ	Educational Technology Fund	
ตัวย่อภาษาอังกฤษ	EdTech Fund	
2. ชื่อรายวิชาที่เสนอ (ระบุทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)		
ภาษาไทย	การผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น	
ภาษาอังกฤษ	Mathematics online media production for the visually impaired	
3. ข้อมูลผู้รับผิดชอบรายวิชา (หลัก)		
ชื่อ-นามสกุล	ดร.พงศัระพี แก้วไทรฮะ	
ตำแหน่ง	อาจารย์	
เบอร์ติดต่อ		
email	pongrapee.ka@ssru.ac.th	
4. รายวิชาจัดอยู่ในกลุ่ม	<input type="checkbox"/> 1. สุขภาพและการแพทย์ <input type="checkbox"/> 2. คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ <input type="checkbox"/> 3. คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี <input type="checkbox"/> 4. วิศวกรรมและสถาปัตยกรรม <input checked="" type="checkbox"/> 5. การศึกษาและการฝึกอบรม <input type="checkbox"/> 6. ธุรกิจและการบริหารจัดการ <input type="checkbox"/> 7. สังคม การเมืองการปกครอง <input type="checkbox"/> 8. ภาษาและการสื่อสาร	<input type="checkbox"/> 9. ศิลปวัฒนธรรมและศาสนา <input type="checkbox"/> 10. เกษตรและสิ่งแวดล้อม <input type="checkbox"/> 11. ทักษะชีวิตและการพัฒนาตนเอง <input type="checkbox"/> 12. อาหารและโภชนาการ
5. คำอธิบายรายวิชา (นำเสนอรายละเอียดเนื้อหาของรายวิชาอย่างย่อ)		
<p>รายวิชานี้นำเสนอคุณลักษณะของสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและแนะนำวิธีการสร้างรวมถึงปรับปรุงสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่มีอยู่ให้สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนพิเศษกลุ่มดังกล่าว ประกอบไปด้วยการใส่ข้อความแสดงแทน การสร้างภาพเวกเตอร์กราฟิกส์ การใส่สมการโดยใช้ชุดคำสั่ง LaTeX การสร้างเอกสารและหน้าเว็บที่เข้าถึงได้ การบรรยายในวิดีโอ และการเขียนข้อสอบเพื่อให้ผู้บกพร่อง ๆ สามารถเรียนได้</p>		

6. วัตถุประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม (เขียนเป็น Behavioral objectives ตาม Bloom's taxonomy หลัก ๆ ไม่เกิน 5 ข้อ)	
LO1: อธิบายลักษณะของสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นได้	
LO2: ใช้เครื่องมือสำหรับสร้างสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นได้	
LO3: สร้างหรือปรับปรุงสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ให้สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้ปกครองทางการมองเห็นได้	
7. จำนวนชั่วโมงการเรียนรู้ออนไลน์ ชั่วโมงการเรียนรู้ออนไลน์ หมายถึง จำนวนระยะเวลาที่ผู้เรียนใช้ในการเรียน จนจบรายวิชา /กำหนดให้ 1 รายวิชามีเนื้อหารวม 3-15 ชั่วโมงการเรียนรู้ โดยมีจำนวนชั่วโมงสื่อวีดิทัศน์ร้อยละ 65 ของจำนวนชั่วโมงการเรียนรู้ (39 นาทีสื่อวีดิทัศน์ : 1 ชั่วโมงการเรียนรู้)	
จำนวนชั่วโมงการเรียนรู้ทั้งหมด	5 ชั่วโมงการเรียนรู้
จำนวนชั่วโมงสื่อวีดิทัศน์	3 ชั่วโมงสื่อวีดิทัศน์
8. ภาษาที่ใช้ในการสอนผ่านระบบออนไลน์	
<input checked="" type="checkbox"/> ภาษาไทย <input type="checkbox"/> ภาษาอังกฤษ <input type="checkbox"/> ภาษาอื่น ๆ (ระบุ)	
9. ระดับความยากของเนื้อหาวิชา	
<input checked="" type="checkbox"/> เบื้องต้น <input type="checkbox"/> ชั้นกลาง <input type="checkbox"/> ชั้นสูง กรณีเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาโปรดระบุชื่อ รายวิชา	
10. กลุ่มผู้เรียนเป้าหมายของรายวิชา	
ครูคณิตศาสตร์และผู้ผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ ประมาณการจำนวนผู้เรียนกลุ่มเป้าหมาย 250 คน	
11. ความรู้พื้นฐานที่ผู้สนใจเรียนวิชานี้ต้องมีมาก่อน (หากมี)	
ควรเป็นผู้ที่ผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์อยู่แล้ว	
12. กิจกรรมในรายวิชา การวัดผลและประเมินผล /เกณฑ์การให้คะแนนเพื่อรับใบประกาศนียบัตร	
การมีส่วนร่วม 30% คำถามทบทวน 30% แบบทดสอบประจำบท 40% ผู้เรียนมีคะแนนรวมทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 70% ถือว่าผ่านเกณฑ์เพื่อรับประกาศนียบัตรในระบบได้	

โครงสร้างเนื้อหา

รายวิชา การผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น

หัวข้อหลัก Section/หัวข้อย่อย Subsection	เวลา (นาที)
<p>1. บทนำ</p> <p>1.1 แนะนำรายวิชา</p> <p style="padding-left: 20px;">1.1.1 วิดีโอแนะนำรายวิชา</p> <p style="padding-left: 20px;">1.1.2 แบบสอบถามก่อนเรียน</p> <p style="padding-left: 20px;">1.1.3 แนะนำตัว ทำความรู้จัก</p> <p style="padding-left: 20px;">1.1.4 บันทึกการมีส่วนร่วม</p> <p>1.2 การเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น</p> <p style="padding-left: 20px;">1.2.1 ประเภทของผู้บกพร่องทางการมองเห็น</p> <p style="padding-left: 20px;">1.2.2 ทบทวนเนื้อหา</p> <p style="padding-left: 20px;">1.2.3 คำถามทบทวน</p> <p>1.3 การเรียนคณิตศาสตร์ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น</p> <p style="padding-left: 20px;">1.3.1 วิชาคณิตศาสตร์กับผู้บกพร่องทางการมองเห็น</p> <p style="padding-left: 20px;">1.3.2 ทบทวนเนื้อหา</p> <p style="padding-left: 20px;">1.3.3 คำถามทบทวน</p> <p>1.4 แบบทดสอบ</p> <p style="padding-left: 20px;">1.4.1 แบบทดสอบประจำบทที่ 1</p>	<p>14 นาที</p> <p>(สื่อวีดิทัศน์ รวม 9 นาที)</p>
<p>2. รูปภาพและข้อความแสดงแทน</p> <p>2.1 ประเภทของรูปภาพในสื่อออนไลน์</p> <p style="padding-left: 20px;">2.1.1 ราสเตอร์และเวกเตอร์กราฟิกส์</p> <p style="padding-left: 20px;">2.1.2 ทบทวนเนื้อหา</p> <p style="padding-left: 20px;">2.1.3 คำถามทบทวน</p> <p>2.2 ข้อความแสดงแทนในเอกสาร</p> <p style="padding-left: 20px;">2.2.1 ข้อความแสดงแทนสำหรับรูปภาพในเอกสาร</p> <p style="padding-left: 20px;">2.2.2 ฝึกเขียนข้อความแสดงแทน</p> <p style="padding-left: 20px;">2.2.3 บันทึกการมีส่วนร่วม</p> <p>2.3 ข้อความแสดงแทนบนเว็บไซต์</p> <p style="padding-left: 20px;">2.3.1 ข้อความแสดงแทนสำหรับรูปภาพบนเว็บไซต์</p> <p style="padding-left: 20px;">2.3.2 ฝึกแทรกรูปภาพบนเว็บ</p> <p style="padding-left: 20px;">2.3.3 บันทึกการมีส่วนร่วม</p>	<p>18 นาที</p> <p>(สื่อวีดิทัศน์ รวม 12 นาที)</p>

หัวข้อหลัก Section/หัวข้อย่อย Subsection	เวลา (นาที)
2.4 แบบทดสอบ 2.4.1 แบบทดสอบประจำบทที่ 2	
3. ภาพในสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ 3.1 รูปเรขาคณิตสองมิติ 3.1.1 สร้างรูปเรขาคณิตสองมิติด้วย GeoGebra (1/1) 3.1.2 สร้างรูปเรขาคณิตสองมิติด้วย GeoGebra (1/2) 3.1.3 ตัวอย่างสื่อรูปเรขาคณิตสองมิติ 3.1.4 แบ่งปันผลงาน 3.1.5 บันทึกการมีส่วนร่วม 3.2 รูปเรขาคณิตสามมิติ 3.2.1 สร้างรูปเรขาคณิตสามมิติด้วย GeoGebra (1/2) 3.2.2 สร้างรูปเรขาคณิตสามมิติด้วย GeoGebra (2/2) 3.2.3 ตัวอย่างสื่อรูปเรขาคณิตสามมิติ 3.2.4 แบ่งปันผลงาน 3.2.5 บันทึกการมีส่วนร่วม 3.3 แผนภาพ กราฟ และแผนภูมิ 3.3.1 สร้างแผนภาพด้วย Draw.io (1/2) 3.3.2 สร้างแผนภาพด้วย Draw.io (2/2) 3.3.3 ตัวอย่างแผนภาพ 3.3.4 ลักษณะของกราฟและแผนภูมิที่รองรับผู้บกพร่องฯ 3.3.5 แบ่งปันผลงาน 3.3.6 บันทึกการมีส่วนร่วม 3.4 แบบทดสอบ 3.4.1 แบบทดสอบประจำบทที่ 3	74 นาที (สื่อวีดิทัศน์ รวม 48 นาที)
4. สมการในสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ 4.1 สมการบนแพลตฟอร์ม Microsoft 4.1.1 Microsoft Equation, MathType, และ MathPlayer 4.1.2 สำนวนความคิดเห็น 4.1.3 บันทึกการมีส่วนร่วม 4.2 สมการในรูปแบบ LaTeX	54 นาที (สื่อวีดิทัศน์ รวม 35 นาที)

หัวข้อหลัก Section/หัวข้อย่อย Subsection	เวลา (นาที)
<ul style="list-style-type: none"> 4.2.1 ชุดคำสั่ง LaTeX 4.2.2 ตัวอย่างการพิมพ์สมการ 4.2.3 รายการสัญลักษณ์และชุดคำสั่ง 4.4.4 คำถามทบทวน 4.3 สมการบน Open edX <ul style="list-style-type: none"> 4.3.1 การแทรกสมการแบบ Display และ Inline 4.3.2 ฟังก์ชันแทรกสมการบนเว็บ 4.3.3 บันทึกการมีส่วนร่วม 4.3.4 LaTeX ใน Open Response Assessment (ORA) 4.3.5 Math Expression Input 4.4 สมการบน LMS และเว็บไซต์อื่น ๆ <ul style="list-style-type: none"> 4.4.1 LaTeX บน Moodle 4.4.2 LaTeX บน WordPress 4.4.3 LaTeX บนเว็บไซต์อื่น ๆ 4.4.4 คำถามทบทวน 4.5 เครื่องมือสร้างรูปภาพสมการ <ul style="list-style-type: none"> 4.5.1 การแทรกสมการเป็นไฟล์รูปภาพ 4.5.2 ตัวอย่างสมการที่เป็นไฟล์รูปภาพ 4.5.3 เครื่องมือสร้างสมการ CodeCogs 4.5.4 เครื่องมือสร้างสมการ GeoGebra 4.5.5 ฟังก์ชันสร้างรูปภาพสมการ 4.5.6 บันทึกการมีส่วนร่วม 4.6 แบบทดสอบ <ul style="list-style-type: none"> 4.6.1 แบบทดสอบประจำบทที่ 4 	
<ul style="list-style-type: none"> 5. สื่อประเภทอื่น ๆ <ul style="list-style-type: none"> 5.1 เอกสารและหน้าเว็บ <ul style="list-style-type: none"> 5.1.1 ลักษณะของเอกสารและหน้าเว็บที่เข้าถึงได้ 5.1.2 การทำงานของโปรแกรมอ่านหน้าจอ 5.1.3 แบบสำรวจ 5.1.4 บันทึกการมีส่วนร่วม 5.2 การกำหนดหัวเรื่อง 	<p>68 นาที (สื่อวีดิทัศน์ รวม 44 นาที)</p>

หัวข้อหลัก Section/หัวข้อย่อย Subsection	เวลา (นาที)
5.2.1 การกำหนดหัวเรื่องใน Word (1/2) 5.2.2 การกำหนดหัวเรื่องใน Word (2/2) 5.2.3 การกำหนดหัวเรื่องบนหน้าเว็บ 5.2.4 คำถามทบทวน 5.3 สื่อประเภทวิดีโอ 5.3.1 การบรรยายในสื่อวิดีโอเพื่อให้รองรับผู้บกพร่อง ๆ 5.3.2 ตัวอย่างสื่อวิดีโอ 5.3.3 คำถามทบทวน 5.4 แอปพลิเคชัน 5.4.1 แอปพลิเคชันบทเรียนที่รองรับผู้บกพร่อง ๆ 5.4.2 วิเคราะห์แอปพลิเคชันที่ใช้อยู่ 5.4.3 บันทึกการมีส่วนร่วม 5.5 แบบทดสอบ 5.5.1 แบบทดสอบประจำบทที่ 5	
6. ข้อสอบออนไลน์ 6.1 ข้อสอบออนไลน์ที่รองรับผู้บกพร่อง ๆ 6.1.1 โปรแกรมอ่านหน้าจอกับข้อสอบประเภทหลายตัวเลือก (Moodle) 6.1.2 โปรแกรมอ่านหน้าจอกับข้อสอบประเภทหลายตัวเลือก (Open edX) 6.1.3 ข้อควรจำสำหรับข้อสอบออนไลน์ที่รองรับผู้บกพร่อง ๆ 6.1.4 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ 6.1.5 คำถามทบทวน 6.2 การสร้างข้อสอบออนไลน์คณิตศาสตร์ด้วย Microsoft Forms 6.2.1 การสร้างข้อสอบออนไลน์คณิตศาสตร์ด้วย Microsoft Forms (1/2) 6.2.2 การสร้างข้อสอบออนไลน์คณิตศาสตร์ด้วย Microsoft Forms (2/2) 6.2.3 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ 6.2.4 ฝึกสร้างข้อสอบออนไลน์ 6.2.5 บันทึกการมีส่วนร่วม	58 นาที (สื่อวีดิทัศน์ รวม 38 นาที)

หัวข้อหลัก Section/หัวข้อย่อย Subsection	เวลา (นาที)
6.3 แบบทดสอบ 6.3.1 แบบทดสอบประจำบทที่ 6	

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

ภาคผนวก ฅ รายการสื่อในระบบ Thai MOOC

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

3. ภาพในสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์		Section													
3.1 รูปเรขาคณิตสองมิติ		subsection													
3.1.1 สร้างรูปเรขาคณิตสองมิติด้วย	Video	5	16	Visual 07	07_geogebra_2d_1.srt	https://www.youtube.com/watch?v=e3nC3BTRGBw									
3.1.2 สร้างรูปเรขาคณิตสองมิติด้วย	Video	9	44	Visual 08	08_geogebra_2d_2.srt	https://www.youtube.com/watch?v=zH7qvpplcEY									
3.1.3 ตัวอย่างสื่อรูปเรขาคณิตสองมิติ	HTML														
3.1.4 แบ่งเป็นผลงาน	Discussion														
3.1.5 บันทึกการมีส่วนร่วม	Problem									1	3				
3.2 รูปเรขาคณิตสามมิติ		subsection													
3.2.1 สร้างรูปเรขาคณิตสามมิติด้วย	Video	7	51	Visual 09	09_geogebra_3d_1.srt	https://www.youtube.com/watch?v=AQWO5FYhiXc									
3.2.2 สร้างรูปเรขาคณิตสามมิติด้วย	Video	3	25	Visual 10	10_geogebra_3d_2.srt	https://www.youtube.com/watch?v=8_4g3Ri7FM									
3.2.3 ตัวอย่างสื่อรูปเรขาคณิตสามมิติ	HTML														
3.2.4 แบ่งเป็นผลงาน	Discussion														
3.2.5 บันทึกการมีส่วนร่วม	Problem									1	3				
3.3 แผนภาพ กราฟ และแผนภูมิ		subsection													
3.3.1 สร้างแผนภาพด้วย Draw.io (1/2)	Video	8	32	Visual 11 DrawIO	11_draw_io_1.srt	https://www.youtube.com/watch?v=N74UFvSYIDs									
3.3.2 สร้างแผนภาพด้วย Draw.io (2/2)	Video	7	16	Visual 12 DrawIO	12_draw_io_2.srt	https://www.youtube.com/watch?v=8YHxNEO6_gY									
3.3.3 ตัวอย่างแผนภาพ	HTML														
3.3.4 ลักษณะของกราฟและแผนภูมิที่	Video	5	39	Visual 34 Graphs	34_graphs_charts.srt	https://www.youtube.com/watch?v=NRiY9dbfKac									
3.3.5 แบ่งเป็นผลงาน	Discussion														
3.3.6 บันทึกการมีส่วนร่วม	Problem									1	3				
3.4 แบบทดสอบ		subsection													
3.4.1 แบบทดสอบประจำบทที่ 3	Problem													4	8
4. สมการในสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์		Section													
4.1 สมการบนแพลตฟอร์ม Microsoft		subsection													
4.1.1 Microsoft Equation,	Video	5	18	Visual 13	13_microsoft_equation.srt	https://www.youtube.com/watch?v=fyRUetn-Yzq									
4.1.2 สัรวจความคิดเห็น	Poll														
4.1.3 บันทึกการมีส่วนร่วม	Problem									1	1				
4.2 สมการในรูปแบบ LaTeX		subsection													
4.2.1 ชุดคำสั่ง LaTeX	Video	3	23	Visual 14	14_latex.srt	https://www.youtube.com/watch?v=yPSmx4hFQGI									
4.2.2 ตัวอย่างการพิมพ์สมการ	HTML														
4.2.3 รายการสัญลักษณ์และชุดคำสั่ง	HTML														
4.2.4 คำถามทบทวน	Problem											3	3		
4.3 สมการบน Open edX		subsection													
4.3.1 การแทรกสมการแบบ Display	Video	4	5	Visual 15 LaTeX	15_latex_edx_html.srt	https://www.youtube.com/watch?v=SwFZQJ33Ujk									
4.3.2 ฝึกแทรกสมการบนเว็บ	Discussion														
4.3.3 บันทึกการมีส่วนร่วม	Problem									1	3				

5.5.1 แบบทดสอบประจำบทที่ 5	Problem																		3	6	
6. ข้อสอบออนไลน์		Section																			
6.1 ข้อสอบออนไลน์ที่รองรับผู้		subsection																			
6.1.1 โปรแกรมอ่านหน้าจอกับข้อสอบ	Video	9	29	Visual 31 Quiz	31_quiz_moodle.srt	https://www.youtube.com/watch?v=94ZT6uDBSn0															
6.1.2 โปรแกรมอ่านหน้าจอกับข้อสอบ	Video	4	22	Visual 32 Quiz	32_quiz_edx.srt	https://www.youtube.com/watch?v=JRUK2nymPGo															
6.1.3 ซ้อมกรจำสำหรับข้อสอบออนไลน์	Video	8	45	Visual 33 Quiz	33_quiz_suggestion.srt	https://www.youtube.com/watch?v=fcFFD3rb7kk															
6.1.4 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์	Problem																				
6.1.5 คำถามทบทวน	Problem																		3	3	
6.2 การสร้างข้อสอบออนไลน์		subsection																			
6.2.1 การสร้างข้อสอบออนไลน์	Video	9	16	Visual 35 MS	35_ms_forms_1.srt	https://www.youtube.com/watch?v=LbGAMbHjw8															
6.2.2 การสร้างข้อสอบออนไลน์	Video	5	52	Visual 36 MS	36_ms_forms_2.srt	https://www.youtube.com/watch?v=xUUVJLKEmNE															
6.2.3 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์	iFrame																				
6.2.4 ผิดสร้างข้อสอบออนไลน์	Discussion																				
6.2.5 บันทึกการมีส่วนร่วม	Problem									1	3										
6.3 แบบทดสอบ		subsection																			
6.3.1 แบบทดสอบประจำบทที่ 6	Problem																			4	8
สรุปและประเมินผล																					
สรุปรายวิชา		subsection																			
แบบสอบถามหลังเรียน	iFrame																				
แบบสำรวจหลังเรียนออนไลน์ (รหัส		subsection																			
แบบสำรวจหลังเรียนออนไลน์ (รหัสวิชา	iFrame																				
จำนวนชั่วโมงการเรียนรู้ 5 ชั่วโมง			169	971	แปลคำวินาที เป็น																
กำหนดเวลาสื่อวีดิโอ 3 ชั่วโมง หรือ					16:18																
รวมเวลาสื่อ			185	นาที	ครบตามจำนวน					12	30	18	30	20	40						
										กำหนดจำนวนข้อสอบ 20 ข้อ											
										รวมจำนวนข้อสอบ	50	ข้อ	ครบตาม								
										คิดเป็น	100	คะแนน									

สำนักงานศึกษาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

ภาคผนวก ญ คู่มือการสำรองข้อมูลรายวิชาบนระบบ Thai MOOC

การพัฒนารายวิชาในรูปแบบบทเรียนออนไลน์แบบเปิด ผู้พัฒนารายวิชาได้ผลิตสื่อวิดีโอและสื่อประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในภาคผนวก ฅ จากนั้นนำไปจัดเรียงและทดสอบบนแพลตฟอร์ม Open edX ซึ่งได้ลงระบบไว้บน Google Cloud หลังจากได้ทำการทดสอบระบบและแก้ไขข้อบกพร่องแล้ว จึงได้ทำการขอความอนุเคราะห์โครงการมหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย เพื่อนำบทเรียนที่พัฒนาขึ้นไปแขวนบนระบบ Thai MOOC โดยผู้ชมทั่วไปสามารถสมัครเข้าเรียนได้ฟรี ไม่มีค่าใช้จ่าย

รายวิชาได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา สำนักงานสภอัครกระทรวงศึกษาธิการ

»ชื่อรายวิชา«

การผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น
Mathematics online media production for the visually impaired

»คำอธิบายรายวิชา«

รายวิชานำเสนอคุณลักษณะของสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นและแนวทางวิธีการสร้างรวมถึงปรับปรุงสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่มีอยู่ให้สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็นที่ศึกษาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1. การออกแบบสื่อการสอน การสร้างภาพเวกเตอร์กราฟิกส์ การใส่สมการโดยใช้ LaTeX การสร้างเอกสารและหน้าเว็บที่เข้าถึงได้ การบรรยายในวีดิโอ และการเขียนข้อสอบ เพื่อให้ผู้บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเรียนรู้ได้



รหัสรายวิชา	EDTECHFUND001
วันเปิดเรียน	30 ต.ค. 2023
จำนวนชั่วโมงที่นับจะต่อสัปดาห์	2

<https://lms.thaimooc.org/courses/course-v1:EDTECHFUND+EDTECHFUND001+2023/about>

การ Backup รายวิชา

การ Backup ข้อมูลนั้น ผู้ดูแลรายวิชาจะต้องไปที่ Studio และเลือกเมนู Export จากแถบเครื่องมือ Tools

จากนั้นกดปุ่ม Export Course Content ระบบจะสร้างไฟล์นามสกุล .tar.gz ขึ้นมา ซึ่งขั้นตอนนี้ใช้เวลาไม่นาน หลังจากนั้นจะสามารถนำไฟล์ดังกล่าวไป Import เข้าระบบ Open edX ที่ลงไว้ที่ใดก็ได้

ข้อมูลสำคัญของการใช้ระบบมีดังนี้

- 1) Open edX เป็นแพลตฟอร์มสำหรับ MOOC โดยเฉพาะ ซึ่งมีข้อดีตรงที่สามารถรองรับผู้ใช้งานพร้อม ๆ กันได้เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามการลงแพลตฟอร์ม Open edX นั้นมีขั้นตอนที่ซับซ้อนซึ่งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยมีผู้เชี่ยวชาญที่สามารถลงแพลตฟอร์มนี้ได้ น้อยมาก จึงไม่แนะนำให้ย้ายไป Server อื่น
- 2) ปัจจุบันผู้ดูแลระบบของรายวิชานี้คือ ดร.พงศัระพี แก้วไทรฮะ หากต้องการเพิ่มบุคลากรของกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาเป็นผู้ดูแลระบบเพิ่มเติมสามารถทำได้โดยติดต่อประสานงานกับโครงการ Thai MOOC โดยตรง หรือติดต่อผ่านผู้ดูแลรายวิชา อย่างไรก็ตามผู้ที่ทำหน้าที่ผู้ดูแลระบบควรผ่านการอบรมเกี่ยวกับการใช้แพลตฟอร์ม Open edX มาก่อน เพื่อป้องกันข้อผิดพลาด
- 3) วิดีโอบทเรียนทั้งหมดอยู่บนช่อง YouTube ชื่อ EDTECHFUND.THAIMOOC โดยสามารถเข้าดูรายละเอียดได้ที่ https://www.youtube.com/channel/UCz6llv9j9q_2ptP3PqHwBtw ซึ่งปัจจุบันผู้ดูแลช่อง YouTube นี้คือ ดร.พงศัระพี แก้วไทรฮะ หากต้องการเพิ่มบุคลากรของกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาเป็นผู้ดูแลช่องเพิ่มเติมสามารถทำได้โดยติดต่อประสานงานกับโครงการ Thai MOOC โดยตรง หรือติดต่อผ่านผู้ดูแลรายวิชา
- 4) Link วิดีโอทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ฅ หากต้องการ Download ไฟล์วิดีโอมาเก็บไว้แนะนำให้ใช้วิธีการ Download จาก YouTube เนื่องจากไฟล์ที่ได้จะมีความคมชัดในขณะที่ขนาดของไฟล์จะเล็กกว่าไฟล์ที่ผ่านการ Render

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

ภาคผนวก ฎ เอกสารอนุญาตให้นำผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่

ที่ ศธ ๐๒๒๐/๙๙๙๓



สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ

กทม. ๑๐๓๐๐

๑๙ มิถุนายน ๒๕๖๖

เรื่อง อนุญาตให้นำผลงานวิจัยโครงการตามสัญญาฯ โครงการ “ส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น” เลขที่สัญญา ๔/๒๕๖๕ ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

เรียน นางฉวีวรรณ แก้วไทรชะ

อ้างถึง ๑. หนังสือลงวันที่ ๑ มิถุนายน ๒๕๖๖

๒. สัญญาฯ รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เลขที่สัญญา ๔/๒๕๖๕ เมื่อวันที่ ๑๘ กรกฎาคม ๒๕๖๕

ตามที่ท่านได้แจ้งความประสงค์ขออนุญาตนำผลงานวิจัยโครงการตามสัญญาฯ โครงการ “ส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น” เลขที่สัญญา ๔/๒๕๖๕ ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมนานาชาติ (The ๒๘ Asian Technology conference in Mathematics (Hybrid modes)) ในวันที่ ๑๐ - ๑๓ ธันวาคม ๒๕๖๖ นั้น

สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ขอแจ้งให้ท่านทราบว่า เพื่อให้ตามสัญญาฯ รับทุนสนับสนุน ข้อ ๘ การเปิดเผยข้อมูลหรือผลงาน ข้อ ๘.๑ กำหนดให้ผู้รับทุนจะต้องเก็บรักษาบรรดาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินโครงการนี้เป็นความลับ โดยจะไม่นำข้อมูลหรือผลงานทั้งหมดหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของข้อมูลไปเผยแพร่ต่อสาธารณชนและบุคคลภายนอกหรือนำข้อมูลที่ได้ไปแสวงหาผลประโยชน์ไม่ว่าทางหนึ่งทางใดในเชิงพาณิชย์หรือในการใด ๆ อันก่อให้เกิดรายได้หรือผลประโยชน์ตอบแทน หรือนำผลการดำเนินโครงการไปใช้ในการอื่นใด อันมีลักษณะเป็นการต่อยอดหรือเพื่อการขยายเชิงลึกต่อไปรวมถึงจะไม่นำข้อมูลที่ได้ไปกระทำการใด ๆ อันเป็นทางที่จะก่อให้เกิดความเสียหายเว้นแต่จะได้รับความยินยอมจากผู้ให้ทุนเป็นหนังสือและปฏิบัติตามเงื่อนไขผู้ให้ทุนกำหนด จึงเห็นควรอนุญาตให้ท่านนำผลงานวิจัยโครงการตามสัญญาฯ โครงการ “ส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น” เลขที่สัญญา ๔/๒๕๖๕ ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย โดยขอให้ท่านถือปฏิบัติตามสัญญาฯ รับทุนตามข้อ ๘.๑ และ ๘.๒ และดำเนินการตามเงื่อนไข ดังนี้

๑. ให้ระบุข้อความว่า “ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา” ไม่ว่าจะ เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษในผลงานดังกล่าว

๒. สรุปและรายงานผลการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย “ส่งเสริมครูผู้สอนผลิตสื่อออนไลน์คณิตศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการมองเห็น”

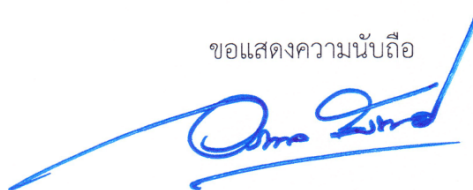
/๓. หากมี...

- ๒ -

๓. หากมีความเสียหายใด ๆ เกิดขึ้นต่อกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา ผู้รับทุนจะต้องรับผิดชอบทุกกรณี

จึงเรียนมาเพื่อทราบและดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ



(นายอรรถพล สังขวาสี)
ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ

สำนักงานเลขาธิการกองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

โทร. ๐ ๒๒๘๐ ๐๓๔๔ ต่อ ๑๗

โทรสาร. ๐ ๒๒๘๐ ๐๓๔๔ ต่อ ๑๘

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: edtechfund@gmail.com

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา
ภาคผนวก ฎ บทความวิจัย

Enhancing Mathematics Instruction for Students with Visual Impairment: A Teacher Training Program on Accessible Online Math

Pongrapee Kaewsaiha, Chaweewan Kaewsaiha, Luechai Tiprungsri, and Boonthong Boontawe

pongrapee.ka@ssru.ac.th, chaweewan.ka@ssru.ac.th, luechai.ti@ssru.ac.th,
boonthong.bo@ssru.ac.th

Suan Sunandha Rajabhat University, Thailand

Abstract: *This research article presents a comprehensive training program designed to enhance the knowledge and skills of lower secondary math teachers in Thailand regarding producing online mathematics materials that cater to visually impaired students. The training program encompassed various topics, including utilizing LaTeX for writing math expressions and equations to facilitate screen readers and adopting vector graphics to ensure scalability for students with low vision. Additionally, the program trained math teachers to create accessible documents, illustrations, videos, web pages, and online tests. A total of 94 lower-secondary math teachers participated in a one-day training session conducted online via Zoom. Pre- and post-training evaluations were conducted to measure participants' knowledge of teaching mathematics to visually impaired students and their attitudes toward accessible mathematics. The evaluations also assessed participants' satisfaction levels and skills acquired from the training program. Statistical analysis revealed a significant improvement in participants' knowledge and attitudes toward accessible math ($p < 0.001$, paired-sample t-test). Furthermore, the findings indicated a high level of participant satisfaction, with an average rating of 4.66 out of 5.00, demonstrating the effectiveness of the training program. Participants strongly agreed that they obtained valuable skills in creating accessible math lessons, as indicated by an average rating of 4.47 out of 5.00. The results highlight the positive impact of taking accessibility factors into account in teaching mathematics online, ultimately fostering an inclusive learning environment for all students.*

Keywords: accessible mathematics, online learning, teacher training, visual impairments

1. Introduction

In recent years, the integration of technology in education has opened up new opportunities for online learning environments. Online lessons have been streamlined to be more interactive and engaging with tools that teachers and students can easily access and use. However, while online learning resources have improved for the general student population, there is still a significant gap in accommodating students with visual impairments.

Improving accessibility in other subjects may not be very complicated. Teachers, staff, or volunteers can create audiobooks, braille textbooks, or Word document files that support screen readers. Mathematics, on the other hand, is challenging to enhance accessibility because the subject relies heavily on communicating with expressions, equations, charts, diagrams, and images. In order to enhance the accessibility of online mathematics instruction, it is imperative for educators and media producers to gain a comprehensive understanding of the learning processes employed by visually impaired students, both in offline and online contexts. This entails recognizing the distinctive attributes of accessible mathematical online media and acquiring the necessary knowledge and skills to improve the production of existing and

forthcoming online math resources to cater to the needs of visually impaired individuals. Moreover, fostering a positive attitude towards accessible mathematics is of utmost importance, as it serves as a driving force for consistently incorporating accessibility considerations into the development of online math content.

The project aims to increase the knowledge and skills of mathematics teachers in Thailand regarding the production of online mathematics materials that support visually impaired students. Additionally, the project focuses on fostering a positive attitude toward accessible online mathematics that supports all groups of learners, regardless of their visual abilities.

1.1 Visually impaired students and their special needs

The education system in Thailand classifies visually impaired students as blind and low vision [1]. The classification was announced by the Special Education Bureau, Office of the Basic Education Commission to help in manpower and resource planning, as the two groups of learners have different special needs as follows:

Blind students in offline learning contexts – Students use textbooks in braille with symbols to represent expressions and equations [2]. Illustrations, such as graphs, charts, and geometric figures, must be tactile. In addition, teachers must be specially trained to teach blind students.

Blind students in online learning contexts – Students learn from audiobooks and use screen-reading programs, such as NVDA and JAWS, that can read text on-screen aloud (primarily support English). A screen reader can read simple expressions and equations properly if they are in a compatible format, such as LaTeX, MathType, and Microsoft Equation [3]. However, Thai screen readers, such as PPA Tatip, currently do not support reading expressions and equations. Also, braille is inevitable for complex expressions and equations. Illustrations must include alternative text, captions, or descriptions to support screen readers. Videos and demonstrations must have voice narration, or the blind will not be able to learn.

Low-vision students in offline learning contexts – Students use large print [4] (materials with larger text) with high-contrast colors. With normal print, they need to look closer than usual and may need a magnifying glass. Low-vision students are generally able to study with normal students in classes.

Low-vision students in an online learning context – Students use screen magnification to increase their vision. Today's computers and mobile devices often have these functions built in. However, the content must be vectorized or have reasonable resolutions so that it can be enlarged to a certain extent without being pixelated.

1.2 Accessible online math

The blind students relied on lessons they can perceive using other non-visual senses, such as braille, which can be perceived by touch, and screen readers, which can be perceived by hearing [5]. Accessible math designs can be summarized by media type as follows:

Images

Math lessons inevitably require images, be they geometric figures, graphs, or charts. Improving the accessibility of digital images can be done as follows:

Images taken from digital cameras, mobile phones, screenshots, and scanner images are stored as raster graphics. They will be pixelated if enlarged too much. Raster graphics must be taken at a high resolution to be scaled up to a level that people with low vision can see. However, high-resolution images have large file sizes, which can take a long time to download and

consume a lot of computational resources. Additionally, text embedded in photos cannot be selected or read by a screen reader.

Math illustrations should be created as vector graphics (such as SVG) so they can be scaled up without pixelation. Plus, they have much smaller file sizes than photos and screenshots. Screen readers can select and read text displayed on vector graphics (if created properly). Current display devices can display vector graphics without problems. Programs and applications like Illustrator and draw.io can provide vector graphics output. Applications like GeoGebra, besides being able to provide vector graphics output, allow teachers to share interactive content for low-vision learners to interact with. Some applications can output 2D and 3D models (such as OBJ and STL) that can be used to create tactile materials for blind learners using UV and 3D printers [6].

No matter how illustrations are created, content publishers need to provide descriptions of those images so that blind people can understand. Adding alternative text (alt text or alt attribute) is one of the most common methods. A screen reader will read alternative text when it reaches where the image is displayed. Additionally, the alternative text will appear if the image fails to load. Various online platforms, especially those used in education, provide alternative text input tools. Some educational platforms do not allow users to publish images without alternative text. For platforms that don't have an alt text tool, designers may add captions or describe the image in body text [7], which is another good practice.

Expressions and equations

Most screen readers can read math expressions and equations properly if they are in a math environment:

- Within Microsoft Equation or MathType blocks, or
- Within TeX or LaTeX delimiters: `{math}`, `{equation}`, `$$...$$`, `\(...\)`, or `\[...\]`.

Screen readers do not recognize expressions and equations typed using subscripts, superscripts, symbols, or floating text boxes. For example, $x^2+2x-5=0$ will be read as “x two plus two x, five equals zero” with the minus sign being interpreted as a hyphen. Expressions and equations saved as images require alternative text. Using a suitable mathematical environment, expressions and equations will be rendered in vector graphics, ensuring scalability for students with low vision.

Documents and web content

A screen reader will recognize images, expressions, and equations in a document file (such as DOCX) and on a web page if they are in appropriate formats, as mentioned above. However, there are other requirements for accessible documents and web content. First, documents and webpages must be outlined using headings so that screen reader users can easily jump to different parts [8]. Numbered and bulleted lists must be created using the appropriate tools or tags so that screen readers recognize them as a sequential list. Most users organize topics using font sizes, colors, line spacing, and manual numbering, which reduces overall accessibility.

Tables in documents and web pages should be used for data presentation only. They should have a simple structure – the first row is a header specifying data in each column, and subsequent rows are corresponding datasets. Sales and transaction records are good examples. Cells should not be merged, and tables should not be used to arrange content. Avoid adding paragraph text to a table.

Blind people typically use the tab key as a shortcut to move to the next content both in documents and on the web. Content designers should ensure that content is presented in the

correct order when pressing the tab key [8], especially for images and tables. All images and tables must be "in line with text" (no floating element) to allow the tab key and alt text to work properly.

Converting Word to PDF preserves page formats and most accessibility features, including headings and alt text. Unfortunately, expressions and equations lose screen reader compatibility upon PDF conversion. Getting equations in PDFs back to work with screen readers requires PDF tagging [9], which is a complex process. Therefore, teaching online mathematics to blind students should avoid PDF files.

Web designers and content management systems (CMS) like WordPress typically use MathJax or MathML to render expressions and equations typed in TeX and LaTeX format. These two plugins provide accessibility since they are compatible with screen readers. However, some plugins, such as Elementor with KaTeX, have accessibility issues. In addition, the content layout may differ depending on the device as a result of responsive templates provided by the CMS. Therefore, messages like "from the image shown on the left" should be avoided. Also, hyperlinks should have meaningful display texts, such as "Click to open the image on a new window," to prevent a screen reader from reading the entire URL.

Video content

Video media can present large amounts of information in a short period of time with a combination of motion pictures and sounds. Video materials for the blind must ensure that content is understood by viewers using audio alone. The narrator must explain what is depicted. Saying "from the image shown" or "from the following equation" must be avoided without explaining the image or reading the equation aloud. Video materials with only animations or demonstrations accompanied by background music without audio narration are not available for blind learners.

Web and mobile applications

Web and mobile applications used in education often convert original content into raster graphics and overlay interactive content. Presenting information in that way loses its accessibility properties and causes learning difficulties for visually impaired students. Investigating whether applications are accessible to the visually impaired can be done initially by selecting text and resizing content. If the text is selectable, then the screen reader would work. If the application does not provide a content resize function or the image becomes pixelated when enlarged, it will not support low-vision students.

1.3 Accessibility in the Thai online learning context

Visually impaired students in Thailand do not have much support [10]. Devices like braille displays, braille tablets, UV and 3D printers are a rarity even in large schools. During the COVID-19 pandemic, a large number of blind students were dropped from the education system as most educational online content does not support screen readers [11]. Therefore, this project emphasizes that the trainee teachers use equipment and free application both teachers and students can provide. The project organizers were trying to offer a way that doesn't interfere with the original teacher workflow but instead allows teachers to incorporate accessibility features as part of their online math instruction.

2. Related studies

Several studies have explored the development and effectiveness of accessible math learning materials for visually impaired students in online settings. The University of Arizona [12] has created an accessible word problem solving application for visually impaired students as an iPad app with printed and braille materials. The app contains audio descriptions of images, options to adjust color and contrast, hints, and videos showing sample solutions using Apple's built-in accessibility features, such as Voiceover and Zoom. A study with 29 visually impaired students and their teachers revealed positive results. However, both students and teachers reported different quality of hints and found the video was not very helpful. It has been fixed by adding a video description that shows step-by-step troubleshooting.

It can be seen that text-to-speech is one of the key assistive technologies that support visually impaired students. Online learners typically have access to NVDA and JAWS, famous screen readers. However, one of the issues with screen readers is that they primarily read math expressions and equations in English. Screen readers are often not developed to read mathematical expressions and equations in other languages with distinct pronunciation structures. Screen readers and add-ons that can read math in other languages are in the research and development phase and are not yet widely available. Mahidol University [13] developed an i-Math application that can read expressions and equations in Thai. It was tested on 78 Thai secondary school students with visual impairment (52 blind and 26 people with low vision) and their teachers. The results showed that the developed application was able to pronounce expressions and equations in Thai correctly. Participants found the application useful, especially for visually impaired students who had not learned to write mathematics in braille. However, it has been found that reading aloud may not be effective for complex expressions or equations. A similar application [14] was developed for reading mathematics in Chinese.

Teachers are one of the most important factors in promoting inclusive education. The teacher's role is to understand how visually impaired people learn, especially in math and science, despite their small proportion in class. A case study [15] that interviewed a blind technician was conducted to analyze the factors affecting the learning of visually impaired students. The study found that educational institutions had enough assistive technology for the visually impaired, but teachers lacked the skills needed in special education. Many teachers did not believe in the potential of those learners and did not incorporate accessible media in teaching.

These literature reviews highlight the significance of developing accessible math learning materials, providing comprehensive teacher training, and utilizing appropriate assistive technologies to ensure an inclusive and effective online mathematics education for visually impaired students. Further research in these areas is necessary to continue advancing accessibility practices in mathematics instruction.

3. Methods

This project presented an online training program on creating accessible math materials for visually impaired students in the online learning context. Participants consisted of 94 lower-secondary mathematics teachers in Thailand sampled from 1,481 mathematics teachers in inclusive schools (where normal and visually impaired students study together) listed in the database of the Special Education Bureau, Office of the Basic Education Commission. The number of samples was calculated using the Taro Yamane formula [16] with an error of 10%. The sample was selected according to the proportion of inclusive schools in each region of Thailand.

During the introduction, participants responded to questions regarding knowledge and attitude toward accessible online math in a 5-scale format, in addition to general demographics questions. Materials and instruments have been reviewed by experts in teaching mathematics for the blind.

The instruction phase began by introducing how visually impaired students learn mathematics and the features of online mathematics materials they can learn from. The next part was a guide on how to create teaching materials using online tools that teachers and students can access, as follow:

- Adding alternative text to an image on Word documents, Content Management Systems (e.g., WordPress and Google Sites), and Learning Management Systems (e.g., Moodle, Google Classroom, and Open edX).
- Creating illustrations for math problems in a scalable vector graphics (SVG) format using GeoGebra and Draw.io.
- Introducing the use of colors in diagrams and charts to accommodate the visually impaired.
- Learning how screen readers interact with online math expressions and equations.
- Writing simple math expressions and equations in LaTeX format using CodeCogs.
- Utilizing LaTeX commands on websites and learning management systems, as well as providing alternatives for unsupported platforms.
- Recognizing other elements of accessible documents and web pages, such as headings and tab key navigation.
- Introducing how to narrate in video media to accommodate the visually impaired.
- Practicing creating mathematic quizzes using Microsoft Forms with built-in features for the visually impaired.

The training program was organized online through the Zoom application and lasted for a day. The training material was delivered in web format, which itself acts as an example of accessible online mathematics materials. At the end of the training, participants completed a satisfaction survey and questions about their acquired knowledge and skills, as well as their attitude toward accessible online mathematics. The questions are on a 5-level scale, as shown in Tables 4.1-4.3. Data were analyzed using mean and standard deviation. A paired t-test was used to compare pre- and post-training knowledge and attitude levels.

4. Results

A comparison of the trainees' knowledge before and after the training is shown in Table 4.1. It was found that the trainees didn't have much information about accessible online mathematics materials prior to the training (average at 2.50/5.00). The paired t-test revealed that the trainees had a statistically significant improvement in knowledge at $p < 0.001$.

Table 4.1 Average knowledge of the trainees before and after the training (n=94)

Aspect	Before training	After training
Math online learning of the visually impaired	2.48 (1.37)	4.54 (0.52)
Properties of accessible online mathematics materials	2.53 (1.37)	4.55 (0.54)
Production of accessible online mathematics materials	2.49 (1.36)	4.51 (0.57)
Average	2.50 (1.35)	4.53 (0.49)

Remark: Numbers in parentheses are standard deviations.

A comparison of the attitude of the trainees before and after the training is shown in Table 4.2. It was found that participants were aware of the need for accessible online mathematics materials for visually impaired students (average at 3.66/5.00). Nevertheless, the paired t-test revealed that the trainees had a statistically significant improvement in attitude at $p < 0.001$.

Table 4.2 Average attitude of the trainees before and after the training (n=94)

Aspect	Before training	After training
Online math materials should always be made accessible.	3.66 (1.44)	4.60 (0.54)
Accessible math materials also benefit normal students.	3.62 (1.45)	4.64 (0.48)
Published math materials should meet accessibility standards.	3.70 (1.42)	4.61 (0.55)
Average	3.66 (1.41)	4.61 (0.48)

Remark: Numbers in parentheses are standard deviations.

Table 4.3 shows that the trainees were satisfied with the training program at a "very satisfied" level (4.66/5.00). The trainees were most satisfied with the lecturer's ability to explain concepts, the training format, and the content respectively. Further comments indicated that the training should be conducted in such a way that participants can follow it step-by-step.

Table 4.3 Satisfaction results (n=94)

Aspect	Average	SD
The lecturer	4.73	0.47
The content covered	4.68	0.47
Training materials (website)	4.67	0.47
Question and answer	4.57	0.56
Coordination	4.64	0.53
Duration (one day)	4.64	0.53
Format (online via Zoom)	4.70	0.50
Average	4.66	0.42

The skills acquired by the trainees are shown in Table 4.4 as a result of the self-assessment after the training. The results showed that the trainees had developed skills in producing online mathematics materials that support the visually impaired. They were able to improve existing materials to support the visually impaired and were able to convey the knowledge received.

Table 4.4 Skills acquired through the training (n=94)

Skill acquired	Average	SD
Produce online materials that support the visually impaired.	4.47	0.60
Improve existing materials to support the visually impaired.	4.48	0.62
Convey the knowledge received.	4.46	0.63
Average	4.47	0.59

5. Conclusion and discussion

This project has trained 94 mathematics teachers at a lower-secondary level in Thailand. The aim was to increase the knowledge and skills of teachers regarding the production of online mathematics materials that support visually impaired students. Also, the project aimed to foster a positive attitude toward accessible online mathematics that supports all groups of learners, regardless of their visual abilities.

The data analysis revealed that teachers were less informed about accessible online mathematics and that training programs were effective in providing such information. Training materials created using the proposed techniques are effective in providing information and showing good practices at the same time. Managing online training through the Zoom application is effective enough, considering the results. However, synchronous online training may obstruct the learning of some participants. The project organizer has a plan to create on-demand learning materials that allow participants to practice step by step and pause as needed.

Another aim of the project was to make math teachers aware that producing accessible online math materials does not increase their workload. On the other hand, accessible materials should be viewed as a proper and correct approach so that accessibility factors are taken into account throughout production. For example, teachers can choose whether to use high-contrast solid colors or gradients when creating a graph. One option will work for all learners, while the other will rule out visually impaired students. Also, the "Poor" option won't support any students if the graph is printed in black and white (e.g., for on-site examination). Another example is that many teachers type equations in Word and make screenshots while they can add equations directly to web pages if they use LaTeX commands. This is consistent with [15] that teachers already have access to useful tools. Only teachers put them to good use under the perception that the visually impaired are capable of learning, and the materials that support them are also effective for other learners.

Acknowledgments: This project is supported by the EdTech Fund, Office of the Permanent Secretary, Ministry of Education. The authors would like to thank Suan Sunandha Rajabhat University for the generosity of the facility for organizing the online training. This project received inclusive school information from the Special Education Bureau, Office of the Basic Education Commission, Ministry of Education. Thank you for the information on teaching and learning for the visually impaired from the Ratchasuda Foundation and Lampang School for the Blind.

References

- [1] Ministry of Education. (2017). *Education Management Plan for People with Disabilities*, No. 3 (B.E. 2560-2564)
- [2] Ali, C. A. (2021). *Visually Impaired Student-Teachers' Knowledge and Use of Basic Assistive Technology Tools for Mathematics*. *African Educational Research Journal*, 9(4), 945-955.
- [3] Maddox, S. (2007). *Mathematical equations in braille*. *MSOR Connections*, 7(2), 45-48.
- [4] Alabdulkader, B., & Leat, S. J. (2010). *Reading in Children with Low Vision*. *Journal of Optometry*, 3(2), 68-73.
- [5] Noble, S., Soiffer, N., Dooley, S., Lozano, E., & Brown, D. (2018). *Accessible Math: Best Practices after 25 Years of Research and Development*. *Journal on Technology and Persons with Disabilities*, 6, 284-296.
- [6] Al-Rajhi, N., Al-Abdulkarim, A., Al-Khalifa, H. S., & Al-Otaibi, H. M. (2015). *Making Linear Equations Accessible for Visually Impaired Students Using 3D Printing*. 15th International Conference on Advanced Learning Technologies (pp. 432-433). IEEE.
- [7] W3C Web Accessibility Initiative. (2022, January 17). *Complex Images*. Retrieved from <https://www.w3.org/WAI/tutorials/images/complex/>
- [8] Lulli, R. (2021). *Toolkit Accessible Word Documents*. Retrieved from European Disability Forum: <https://www.edf-feph.org/content/uploads/2021/06/Toolkit-Accessible-Word-Document.pdf>
- [9] Gillen, M. (2020, September 30). *Accessible PDFs: How to Make Math Formulas Accessible to Screen Readers*. Retrieved from Accessible Website Services: <https://accessiblewebsiteservices.com/accessible-pdfs-math-formulas-screen-readers-2/>
- [10] Chanphram, K., Yordchim, S., Sawangdee, Y., & Rungruangthum, M. (2022). *An Analysis of the Visually-Impaired Students' Satisfaction on English for the Blind Application in Thai Academic Contexts*. The 15th National and International Conference, (pp. 323-331).
- [11] Na-Pikul, K. (2021, October 18). *Online teaching for specific groups: A solution to prevent 'blind children' from dropping out of the education system*. Retrieved from Equitable Education Fund: <https://research.eef.or.th/online-study-for-the-blind/>
- [12] Beal, C. R., & Rosenblum, L. P. (2015). *Development of a Math-Learning App for Students with Visual Impairments*. *Journal on Technology and Persons with Disabilities*, 3.
- [13] Wongkia, W., Naruedomkul, K., & Cercone, N. (2012). *i-Math: Automatic math reader for Thai blind and visually impaired students*. *Computers & Mathematics with Applications*, 64(6), 2128-2140.
- [14] Su, W., Cai, C., & Wu, J. (2018). *The Accessibility of Mathematical Formulas for the Visually Impaired in China*. *International Conference on Artificial Intelligence and Symbolic Computation* (pp. 237-242). Cham: Springer.
- [15] Maguvhe, M. (2015). *Teaching Science and Mathematics to Students with Visual Impairments: Reflections of a Visually Impaired Technician*. *African Journal of Disability*, 4(1), 1-6.

- [16] Yamane, T. (1973). *Statistics: An Introductory Analysis* (3rd ed.). New York: Harper and Row.

สำนักงานเลขาธิการ
กองทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา