การพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

THE DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL MODEL TO ENHANCE TPACK FOR PRE-SERVICE MATHEMATICS TEACHERS

วีรศ กิตติวรากูล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

การพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

วีริศ กิตติวรากูล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL MODEL TO ENHANCE TPACK FOR PRE-SERVICE MATHEMATICS TEACHERS

VEERIS KITTIVARAKUL

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of DOCTOR OF EDUCATION

(Mathematics)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

ของ

วีริศ กิตติวรากูล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญ เพียซ้าย)

..... ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสาและ)

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์รัศมิ์ เฟื่องฟู)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์
ผู้วิจัย	วีริศ กิตติวรากูล
ปริญญา	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขวัญ เพียซ้าย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา หะยีสาและ

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ 2) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ และ 3) ศึกษา TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ กลุ่มเป้าหมายคือนิสิตครูคณิตศาสตร์ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 31 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง และมีผู้ให้ข้อมูลจำนวน 3 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายเพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับ TPACK ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนของนิสิตครู การดำเนินการวิจัยมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบรูปแบบการสอน 2) การพัฒนารูปแบบการสอนและตรวจสอบคุณภาพ 3) การทดลองรูปแบบการสอนในสถานการณ์จริง และ 4) การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน รูปแบบการสอนที่สร้างขึ้นแบ่งการดำเนินการจัดการเรียนการสอนเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี ระยะที่ 2 การทำให้เกิดการยอมรับ ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี และระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบข้อมูล แบ่งเป็น 1) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมข้อมูลความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู คือ งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู และ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน ได้แก่ งานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครู สำหรับขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลมีดังนี้ 1) ดำเนินการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 1 ของรูปแบบการสอนให้กับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย 2) เก็บรวบรวมข้อมูลความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู เพื่อหาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนด้านความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู 3) เก็บรวบรวมข้อมูล TPACK ของนิสิตครูก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 2 – 4 ของรูปแบบการสอน เพื่อศึกษา TPACK ของนิสิตครู ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน 4) ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนระยะที่ 2 - 4 ให้กับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย 5) เก็บรวบรวมข้อมูล TPACK ของนิสิตครูหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน เพื่อหาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนด้าน TPACK ของนิสิตครู และศึกษา TPACK ของนิสิตครูหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน ได้ประเมินว่าทุกข้อรายการมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.60 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ไม่เกิน 1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ 2) รูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิผลตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังนี้ 2.1) จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีผลการประเมินความรู้ด้านเทคโนโลยีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 25 คน จากจำนวนทั้งหมด 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 80.65 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิผลที่กำหนดไว้ และ 2.2) จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีผลการประเมิน TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 25 คน จากจำนวนทั้งหมด 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 80.65 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิผลที่กำหนดไว้ และ 3) จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีผลการประเมิน TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอน มีจำนวน 28 คน จากจำนวนทั้งหมด 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 90.32 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานในการวิจัยที่กำหนดไว้

คำสำคัญ : ความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา, ทีแพค, นิสิตครูคณิตศาสตร์, รูปแบบการสอน

Title	THE DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL MODEL TO ENHANCE TPACK FOR PRE-SERVICE MATHEMATICS TEACHERS
Author	VEERIS KITTIVARAKUL
Degree	DOCTOR OF EDUCATION
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Khawn Piasai
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Sukanya Hajisalah

The purposes of this study are as follows: (1) to develop a teaching model to enhance TPACK for pre-service mathematics teachers; (2) to study the effectiveness of the teaching model designed to enhance TPACK; and (3) to study TPACK with pre-service mathematics teachers before and after using the teaching model. The target group consisted of 31 fourth-year pre-service mathematics teachers at Srinakharinwirot University during the second semester of the 2021 academic year. The target group was selected by purposive sampling and there were three informants, selected by purposive sampling and an in-depth study TPACK of pre-service mathematics teachers. This study was conducted in four stages: (1) a literature review on designing the teaching model; (2) to develop a teaching model and verifying its quality; (3) acting out the teaching model in real situations; and (4) evaluating the effectiveness of the teaching model. The teaching model consisted of four phases: Phase 1: prepare technological knowledge; Phase 2: foster acceptance; Phase 3: design teaching and assessment with technology; and Phase 4: practice designing, teaching, and assessment with technology. The tool used to assess technological knowledge was a technological knowledge task and the tool used to assess TPACK were a designing and assessing lesson using the GeoGebra program task, TPACK rubric scoring and the task-based interviews with the informant were used to assess TPACK. The results were (1) The mean score of the teaching model quality was greater than 4.60 and standard deviation was less than 1.00 in all items, which passed the criteria; (2) the teaching model was effective according to the criteria: (2.1) the number of pre-service mathematics teachers in the target group with a technological knowledge score greater than 75% was 25 out of 31, or 80.65% greater than the efficacy criteria; and (2.2) the number of pre-service mathematics teachers in the target group whose TPACK results were greater than 75% was 25 out of 31, or 80.65% greater than the efficacy criteria; and (3) the number of pre-service mathematics teachers in the target group with TPACK results after being taught were greater than before being taught, with 28 out of 31 pre-service teachers or 90.32% of the total in the target group and met the assumptions of the study.

Keyword : Technological Pedagogical Content Knowledge, TPACK, Pre-service mathematics teachers, Teaching model

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญ เพียซ้าย อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสาและ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม ที่สละเวลาในการอ่านงานวิจัยอย่างละเอียดเพื่อให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์และชัดเจนยิ่งขึ้น ตลอดจนให้ความช่วยเหลือ ทุ่มเทเอาใจใส่ ติดตามและให้กำลังใจลูกศิษย์ในการทำงานอย่างสม่ำเสมอ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์รัศมิ์ เฟื่องฟู ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานคณะกรรมการสอบปากเปล่า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์ และอาจารย์ ดร.รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์ ที่สละเวลาและให้ความกรุณาเป็นกรรมการสอบเปล่า ทั้งสามท่านได้ให้ข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงงานวิจัยเล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์เอนก จันทรจรูญ อาจารย์ ดร.ธีรศักดิ์ ฉลาดการณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์ อาจารย์ ดร.ธีรเชษฐ์ เรืองสุขอนันต์ และอาจารย์พฤฒิพงศ์ โลหะสุวรรณ์ ที่สละเวลาและให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการสอน และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ทุนสนับสนุนค่าธรรมเนียมในการศึกษาระดับปริญญาเอกให้กับผู้วิจัยในโครงการ 70 ปี 70 ทุน มศว คืนสู่สังคม

ขอขอบคุณนิสิตครูคณิตศาสตร์ทุกคนที่มีส่วนร่วมในการวิจัยในครั้งนี้ นิสิตครูทุกคนเป็นเหมือนครูของผู้วิจัยที่ทำให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสในการเรียนรู้และฝึกประสบการณ์การสอนนิสิตครูระดับปริญญาตรี

ขอบคุณพี่ ๆ นิสิตปริญญาเอก กศ.ด. (คณิตศาสตร์) ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำงาน และขอบคุณเพื่อนชาวต่างชาติที่ช่วยเหลือตรวจทานบทคัดย่อภาษาอังกฤษให้มีความสมบูรณ์ และเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา นายแพทย์อุดม กิตติวรากูล ที่ถึงแม้ท่านจะล่วงลับไปนานแล้ว แต่ท่านเป็นแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยมีความมุ่งมั่นในการศึกษามาตลอด ขอกราบขอบพระคุณมารดา คุณแม่ศันสนีย์ กิตติวรากูล ที่แม้การทำวิจัยครั้งนี้จะอยู่ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้ทำงานที่บ้านตลอด แต่มีคุณแม่เป็นผู้ให้กำลังใจและอยู่เคียงข้างเสมอมา รวมถึงขอบคุณพี่สาว และน้องสาวที่เป็นอีกกำลังใจสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถเอาชนะอุปสรรคจนประสบความสำเร็จได้ด้วยดี คุณความดีทั้งหลายที่เกิดจากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แด่ผู้อุปการะคุณทุกท่าน

วีริศ กิตติวรากูล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญรูปภาพ ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

คำถามการวิจัย 6

ความมุ่งหมายของการวิจัย 6

ความสำคัญของการวิจัย 6

ขอบเขตของการวิจัย 6

1. สำหรับการทดลองนำร่องเพื่อพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ 6

2. สำหรับการศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ 7

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย 7

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย 8

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย 9

นิยามศัพท์เฉพาะ 9

สมมติฐานในการวิจัย 13

กรอบแนวคิดการวิจัย 13
ข้อตกลงเบื้องต้น 16
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
ตอนที่ 1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี 19
1.1 ความหมายของความรู้ด้านเทคโนโลยี 19
1.2 ลักษณะของโปรแกรม GeoGebra 20
1.3 แนวทางการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี 23
1.4 แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ 25
1.5 แนวทางการวัดและประเมินผลความรู้ด้านเทคโนโลยี 27
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านเทคโนโลยี 29
ตอนที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเสริมสร้าง TPACK 31
2.1 ความหมายของ TPACK 31
2.2 ความสำคัญของ TPACK 34
2.3 องค์ประกอบของ TPACK 35
2.4 แนวทางการเสริมสร้าง TPACK 37
2.5 แนวทางในการวัดและประเมินผล TPACK 42
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ TPACK 49
ตอนที่ 3 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดในการใช้โปรแกรม GeoGebra 54
3.1 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 54
3.2 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra 57
3.3 แนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 61
3.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 65
3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรม GeoGebra 67

ตอนที่ 4 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอน 69
4.1 ความหมายของรูปแบบการสอน 69
4.2 ประเภทของรูปแบบการสอน 70
4.3 แนวคิดในการพัฒนารูปแบบการสอน 72
4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอน 76
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 79
ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบรูปแบบการสอน 81
1.1 การศึกษาสภาพปัญหา 81
1.2 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน 83
1.2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี 83
1.2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการเสริมสร้าง TPACK 85
1.2.3 แนวคิดในการใช้โปรแกรม GeoGebra 87
ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอนและตรวจสอบคุณภาพ 89
2.1 การสร้างรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) 89
2.2 การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ 92
2.3 การปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 1 92
2.4 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือตามรูปแบบการสอนที่กำหนด 93
2.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้ 93
2.4.2 งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู 93
2.4.3 เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครู 94
2.5 การทดลองนำร่อง 95
2.5.1 การเลือกนิสิตครูกลุ่มนำร่อง 95

2.5.2 การดำเนินการทดลองนำร่องและเก็บรวบรวมข้อมูล 95
2.6 การปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 2 97
ขั้นตอนที่ 3 การทดลองรูปแบบการสอนในสถานการณ์จริง 97
3.1 การเลือกนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย 97
3.2 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 98
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน 100
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ 100
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ 100
4.3 การปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 3 101
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 102
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ... 102
1.1 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) โดยผู้เชี่ยวชาญ 102
1.2 ผลการใช้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) 104
1.2.1 ระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี 104
1.2.2 ระยะที่ 2 การทำให้เกิดการยอมรับ 105
1.2.3 ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี 106
1.2.4 ระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี 107
1.3 ผลการใช้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) 108
1.3.1 ระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี 108
1.3.2 ระยะที่ 2 การทำให้เกิดการยอมรับ 109
1.3.3 ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี 110

1.3.4 ระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี..... 110
1.4 ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอน 110
ตอนที่ 2 ประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ 129
2.1 ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย 129
2.2 TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย 131
ตอนที่ 3 ผลการศึกษา TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตาม
รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ 133
3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ 133
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ 135
3.2.1 ผลการศึกษา TPACK ของผู้ให้ข้อมูลก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตาม
รูปแบบการสอน..... 135
3.2.2 ผลการศึกษา TPACK ของผู้ให้ข้อมูลหลังได้รับการจัด การเรียนการสอนตาม
รูปแบบการสอน..... 142
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 150
ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป..... 150
สรุปผลการวิจัย 153
อภิปรายผล 154
ข้อเสนอแนะ 159
บรรณานุกรม 162
ภาคผนวก..... 174
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ 175
ภาคผนวก ข การหาคุณภาพของ "งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู" 177
ภาคผนวก ค งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู 182

ภาคผนวก ง รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) และรายละเอียดของรูปแบบการสอน 195

ภาคผนวก จ รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) และรายละเอียดของรูปแบบการสอน 215

ภาคผนวก ฉ รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) และรายละเอียดของรูปแบบการสอน 238

ภาคผนวก ช รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) และรายละเอียดของรูปแบบการสอน 263

ภาคผนวก ซ แบบประเมิน “รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง)” 288

ภาคผนวก ฌ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ 298

ภาคผนวก ญ เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครู 395

ประวัติผู้เขียน 400

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 เกณฑ์การให้คะแนนของข้อคำถามตัวอย่างในงานวิจัยของเกรแฮม ทริปป์ และเวนเวิร์ต 45

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนการบูรณาการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนของ การากา ยา..... 46

ตาราง 3 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ 103

ตาราง 4 รายละเอียดทั้งหมดของการปรับปรุงรูปแบบการสอน..... 111

ตาราง 5 ผลการศึกษาความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย 129

ตาราง 6 ผลการศึกษา TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย 131

ตาราง 7 ผลการศึกษา TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายก่อนและหลังการเรียนตาม รูปแบบการ สอน..... 133

ตาราง 8 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของ นิสิตครู..... 179

ตาราง 9 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้าน เทคโนโลยีของนิสิตครู..... 180

ตาราง 10 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ระยะที่ 1..... 200

ตาราง 11 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 1 203

ตาราง 12 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 2 205

ตาราง 13 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ระยะที่ 3..... 208

ตาราง 14 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ระยะที่ 4..... 212

ตาราง 15 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 1 221

ตาราง 16 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 1.. 224

ตาราง 17 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 2.. 227

ตาราง 18 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 3 231
ตาราง 19 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 4 235
ตาราง 20 กำหนดการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน (ฉบับปรับปรุงหลัง 244
ตาราง 21 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 1 246
ตาราง 22 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 1 .. 249
ตาราง 23 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 2 .. 252
ตาราง 24 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 3 256
ตาราง 25 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 4 260
ตาราง 26 กำหนดการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) 269
ตาราง 27 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 1 271
ตาราง 28 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 1..... 274
ตาราง 29 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 2..... 277
ตาราง 30 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 3 281
ตาราง 31 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 4 285
ตาราง 32 เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา 396
ตาราง 33 เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ ด้านการบูรณาการความรู้ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน 397
ตาราง 34 เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้..... 399

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 15

ภาพประกอบ 2 แนวคิดและองค์ประกอบต่าง ๆ ของ TPACK ของโคเลอร์ มิชรา และเคน..... 32

ภาพประกอบ 3 แนวคิดและองค์ประกอบต่าง ๆ ของ TPACK ของซูซาน..... 33

ภาพประกอบ 4 แนวทางการพัฒนา TPACK..... 38

ภาพประกอบ 5 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูที่ปรับปรุงแล้ว ของโกห์ และดิวาฮาราน..... 40

ภาพประกอบ 6 แนวทางในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra สำหรับ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมของเซนกิน และตาตาร์..... 58

ภาพประกอบ 7 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำว่า การทดสอบ การวัด และการประเมินผลของลินช์ 62

ภาพประกอบ 8 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำว่า การทดสอบ การวัด และการประเมินผลของแบคแมน 63

ภาพประกอบ 9 ขั้นตอนการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนการสอน 75

ภาพประกอบ 10 กระบวนการของการวิจัยในครั้งนี้..... 80

ภาพประกอบ 11 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของอลิส..... 136

ภาพประกอบ 12 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของอลิส 137

ภาพประกอบ 13 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของบ๊อบ..... 138

ภาพประกอบ 14 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของบ๊อบ 140

ภาพประกอบ 15 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของอีฟ 140

ภาพประกอบ 16 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของอีฟ..... 142

ภาพประกอบ 17 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนของอลิส 143

ภาพประกอบ 18 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของบ๊อบ 145

ภาพประกอบ 19 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของบ๊อบ 147

ภาพประกอบ 20 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของอีฟ 148

ภาพประกอบ 21 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของอีฟ..... 149

ภาพประกอบ 22 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) ระยะที่ 1..... 196

ภาพประกอบ 23 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้างที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) ระยะที่ 2 197

ภาพประกอบ 24 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) ระยะที่ 3..... 198

ภาพประกอบ 25 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) ระยะที่ 4..... 199

ภาพประกอบ 26 ภาพรวมของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง)..... 216

ภาพประกอบ 27 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 1 217

ภาพประกอบ 28 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้างที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2 218

ภาพประกอบ 29 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 3 219

ภาพประกอบ 30 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 4 220

ภาพประกอบ 31 ภาพรวมของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) 239

ภาพประกอบ 32 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 1 240

ภาพประกอบ 33 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้างที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2 241

ภาพประกอบ 34 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 3 242

ภาพประกอบ 35 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 4 243

ภาพประกอบ 36 ภาพรวมของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) 264

ภาพประกอบ 37 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 1 265

ภาพประกอบ 38 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้างที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 2 266

ภาพประกอบ 39 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 3 267

ภาพประกอบ 40 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 4 268

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทและถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์อย่างแพร่หลาย ซึ่งจะเห็นได้จากมีการนำโปรแกรมสำเร็จรูปหรือแอปพลิเคชันมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์อย่างมากมาย เช่น GeoGebra Cabri Geometry Desmos MathsPad และ The Geometer's Sketchpad เป็นต้น สำหรับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีบทบาทในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นั้น สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติอเมริกา (NCTM, 2014) ระบุว่า เทคโนโลยีเป็นสิ่งที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เนื่องจากเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ นอกจากนี้ Common Core Standards (2020) ได้ระบุเกี่ยวกับ มาตรฐานการปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Practice Standards) ในมาตรฐานที่ 5 การใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสม (Use appropriate tools strategically) ว่านักเรียนที่มีความชำนาญทางคณิตศาสตร์ สามารถเลือกใช้เครื่องมือในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม สำหรับในประเทศไทย หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ได้ระบุความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นหนึ่งในสมรรถนะที่สำคัญของผู้เรียน อีกทั้งตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ได้กล่าวถึงคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไว้ข้อหนึ่งว่า มีความรู้ความเข้าใจทางเรขาคณิตและใช้เครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตอื่น ๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิตตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

จากการที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทอย่างมากในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบัน ส่งผลให้คุณลักษณะที่สำคัญของครูคณิตศาสตร์ประการหนึ่ง คือการมีความรู้ความสามารถในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม ซึ่งครูที่มีคุณลักษณะนี้ จะเป็นผู้ที่ส่งเสริมให้การเรียนรู้หรือการทำความเข้าใจคณิตศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องต่าง ๆ มีความถูกต้องชัดเจนและเป็นรูปธรรม นอกจากเทคโนโลยีจะถูกใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนของครูแล้ว เทคโนโลยียังสามารถช่วยสร้างแรงจูงใจใน

การเรียนรู้ของนักเรียน และช่วยลดอุปสรรคในการทำความเข้าใจในบทเรียนของนักเรียนได้ (Matthew J. Koehler, Mishra, & Cain, 2013) เพื่อให้การจัดเรียนการสอนในชั้นเรียนมีประสิทธิภาพและบรรลุวัตถุประสงค์ ครูที่มีคุณลักษณะดังกล่าว จำเป็นต้องมีความสามารถในการบูรณาการความรู้ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge: TK) เป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการและการใช้คุณลักษณะต่าง ๆ ของเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน 2) ความรู้ด้านวิธีสอน (Pedagogical Knowledge: PK) ประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลและประเมินผล ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนและวิธีการสอนของครู และ 3) ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเฉพาะที่ครูจะต้องนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้านนี้เรียกว่า TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการพัฒนาวิชาชีพครูด้านการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพ (Mishra & Koehler, 2006)

ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์เบื้องต้นอย่างไม่เป็นทางการกับครูผู้สอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนต่าง ๆ พบว่า ครูบางส่วนไม่มีความพร้อมในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ รวมถึงยังไม่สามารถนำคุณลักษณะของเทคโนโลยีไปใช้ในการสร้างสื่อการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งผลการสัมภาษณ์ดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ลิลลา อดุลยศาสน์ และสุภา ยุธิกุล (2559) ที่กล่าวว่าความรู้ด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์และความรู้ด้านเทคโนโลยีของครูยังไม่เพียงพอที่จะทำให้ครูมีความพร้อมในการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุที่ทำให้ครูคณิตศาสตร์ไม่สามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยสามารถสรุปเป็นประเด็นต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) ครูไม่มีความเชื่อว่าเทคโนโลยีสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ได้

2) ครูไม่มีความสามารถและความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีที่เพียงพอ

3) ครูไม่เห็นแนวทางของการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

4) ครูไม่มีความเชื่อว่าเทคโนโลยีสามารถนำไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้จริง (Akşan & Eryılmaz, 2011)

นอกจากนี้งานวิจัยของ พามุก (Pamuk, 2012) ได้ทำการศึกษาการบูรณาการการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนของนิสิตครูระดับปริญญาตรี ซึ่งผลการวิจัยพบประเด็นปัญหาที่สำคัญคือ นิสิตครูส่วนหนึ่งที่มีความรู้ด้านวิธีสอนในระดับดีไม่สามารถบูรณาการการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น เนื่องมาจากนิสิตครูกลุ่มดังกล่าวขาดประสบการณ์ในการบูรณาการการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนอย่างเหมาะสม

สาเหตุข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่าครูคณิตศาสตร์ส่วนหนึ่งจำเป็นต้องได้รับการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) และความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา (TPACK) ซึ่งในประเด็นปัญหาดังกล่าวนี้ แมคบรูม (McBroom, 2012) และมุดซิมิริ (Mudzimiri, 2012) ได้ให้ข้อเสนอแนะในทำนองเดียวกันว่า นิสิตครูและครูคณิตศาสตร์ควรได้รับการเสริมสร้างความสามารถในการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ดังนั้น ในการเตรียมความพร้อมครูผู้สอนเพื่อให้เป็นผู้ที่สามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ในอนาคต จึงควรเริ่มต้นให้มีการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะการใช้เทคโนโลยีให้กับครูโดยเฉพาะนิสิตครูควรได้รับการฝึกฝนทักษะการใช้เทคโนโลยี และการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ที่มีความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา แต่ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี และไม่มีประสบการณ์ในการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้านนี้ โดยผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์ผลการศึกษาแนวคิดรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ตามแนวทางจาก PCK ไปสู่ TPACK แนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี และแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ทำให้ได้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ซึ่งในที่นี้แบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 คือ การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี ซึ่งเป็นระยะที่นิสิตครูได้ทำความคุ้นเคย และเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการและการใช้คุณสมบัติต่าง ๆ ของเทคโนโลยี เพื่อให้นิสิตครูมีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่เพียงพอ ระยะที่ 2 คือ การทำให้เกิดการยอมรับ ซึ่งเป็นระยะที่ทำให้นิสิตครูยอมรับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนผ่านการเห็นการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษากับตัวอย่างของการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระยะที่ 3 คือ การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี เป็นระยะที่นิสิตครูร่วมกันศึกษาและอภิปรายวิธีการและเทคนิคในการนำเทคโนโลยีไปใช้ใน

การออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และระยะที่ 4 คือ การฝึกออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี เป็นระยะที่นิสิตครูได้ฝึกนำเทคโนโลยีไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลังจากที่นิสิตครูได้รับการพัฒนาตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ในช่วงท้ายนิสิตครูจะได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยตนเอง เพื่อนำมาใช้ในการประเมิน TPACK ของนิสิตครู

ผู้วิจัยเชื่อว่ารูปแบบการสอนข้างต้น จะช่วยเสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูได้ เนื่องจากแนวทางของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1 จะช่วยทำให้นิสิตครูมีความรู้ด้านเทคโนโลยี ระยะที่ 2 จะช่วยทำให้นิสิตครูเห็นตัวอย่างการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษากับการใช้เทคโนโลยีในการออกแบบจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ส่งผลให้นิสิตครูเกิดการยอมรับในการใช้เทคโนโลยี ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้นิสิตครูเกิดความสนใจและเห็นแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยี ระยะที่ 3 จะเป็นระยะที่ช่วยให้นิสิตครูได้เรียนรู้วิธีการและเทคนิคของการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับแนวคิดทางการศึกษา และระยะที่ 4 จะช่วยเสริมสร้างให้นิสิตครูได้มีประสบการณ์เบื้องต้นในการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา ผ่านการฝึกออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยตนเอง

สำหรับในงานวิจัยนี้ เทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในการศึกษา คือโปรแกรม GeoGebra ซึ่งเป็นโปรแกรมคณิตศาสตร์พลวัต (Dynamic Mathematics Software: DMS) กล่าวคือเป็นโปรแกรมที่สามารถบูรณาการความสามารถของโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต (Dynamic Geometry Software: DGS) ในการสร้างทางเรขาคณิต และโปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ (Computer Algebra System: CAS) ในการดำเนินการทางพีชคณิต (Bantchev, 2010; J. Hohenwarter, Hohenwarter, & Lavicza, 2009; Prodromou, 2014) ซึ่งจะเห็นได้ว่าโปรแกรม GeoGebra มีคุณสมบัติเพียงพอในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ในหลายสาระการเรียนรู้ ซึ่งทำให้ผู้เรียนที่มีความรู้ในการใช้โปรแกรมดังกล่าวสามารถใช้เป็นพื้นฐานเพื่อต่อยอดในการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์อื่น ๆ ได้ นอกจากนี้โปรแกรม GeoGebra ยังสามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ

เพื่อสำรวจ หรือตรวจสอบ จนนำไปสู่การสร้างข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ด้วยตัวของนักเรียนเองได้ (Mushipe & Ogbonnaya, 2019; Zengin & Tatar, 2017) และยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ผ่านการใช้สคริปต์และเทคนิคต่าง ๆ ของโปรแกรมในการสร้างโจทย์แบบสุ่มที่มีความหลากหลาย และมีความสอดคล้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล รวมทั้งสามารถใช้ในการออกแบบการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างอัตโนมัติ (Dikovic, 2009; Kushwaha, Chaurasia, & Singhal, 2013; Lukáč & Sekerák, 2015)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษากับนิสิตครูคณิตศาสตร์ที่ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี แต่มีความรู้ด้านวิธีสอนและด้านเนื้อหาแล้ว โดยการวิจัยจะแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ซึ่งใช้แนวคิดการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ของ มารุต พัฒผล (2563) ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบรูปแบบการสอน เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และผลการวิจัยต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอนและตรวจสอบคุณภาพ เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยนำผลการศึกษาที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาใช้ในการออกแบบรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) และนำรูปแบบการสอนที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน จากนั้นปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 1 ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้รูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) แล้วไปทดลองใช้นำร่อง (Tryout) กับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 2 เพื่อให้ได้รูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการสอนในสถานการณ์จริง เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยนำรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ไปใช้ในสถานการณ์จริงกับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย และขั้นตอนที่ 4 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยประเมินประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการสอนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนำผลจากการทดลองในสถานการณ์จริงมาปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 3 เพื่อให้ได้รูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ ผ่านการเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ด้านเทคโนโลยี และ TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์อย่างลุ่มลึกและสอดคล้องกับสภาพจริง

คำถามการวิจัย

1. รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ควรเป็นอย่างไร

2. ประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นอย่างไร

3. นิสิตครูมี TPACK ก่อนและหลังจากการเรียนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์เป็นอย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

3. เพื่อศึกษา TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. ได้รูปแบบการสอนที่สามารถนำไปใช้ในการเตรียมนิสิตครูคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีให้มี TPACK

2. เป็นแนวทางในการปรับปรุงหลักสูตรการฝึกหัดครูคณิตศาสตร์

3. เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูในสาขาวิชาอื่น ๆ

ขอบเขตของการวิจัย

1. **สำหรับการทดลองนำร่องเพื่อพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์**

กลุ่มนำร่อง คือ นิสิตครูคณิตศาสตร์ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 38 คน ซึ่งนิสิตครูกลุ่มนี้ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี แต่ได้เรียนวิชาต่าง ๆ ของหลักสูตรที่ทำให้มีความรู้ด้านวิธีสอน (Pedagogical Knowledge) โดยพิจารณาจากกรอบแนวคิดของมิชรา และโคเลอร์ (Mishra & Koehler, 2006) และ

ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) โดยพิจารณาจากกรอบแนวคิดของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของตัวชี้วัดและสาระแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

2. **สำหรับการศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง** TPACK **สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์**

กลุ่มเป้าหมาย คือ นิสิตครูคณิตศาสตร์ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 31 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง โดยนิสิตครูกลุ่มนี้ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี แต่ได้เรียนวิชาต่าง ๆ ของหลักสูตรซึ่งทำให้มีความรู้ด้านวิธีสอน (Pedagogical Knowledge) โดยพิจารณาจากกรอบแนวคิดของมิชรา และโคเลอร์ (Mishra & Koehler, 2006) และความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) โดยพิจารณาจากกรอบแนวคิดของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

นอกจากนี้ผู้วิจัยเลือกผู้ให้ข้อมูลเพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับ TPACK ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ชิ้นงาน (Content Analysis) การออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่สะท้อนถึง TPACK ของนิสิตครูที่แตกต่างกัน โดยการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 3 คน จากกลุ่มเป้าหมาย 31 คน จากนั้นผู้วิจัยสัมภาษณ์โดยใช้งานเป็นฐาน (Task-Based Interview) ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ของผู้ให้ข้อมูล

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม 2565 โดยแบ่งระยะเวลาตามขั้นตอนของการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบรูปแบบการสอน ระยะเวลาในการดำเนินการคือ เดือนมีนาคม 2564 จนถึงเดือนกรกฎาคม 2564

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอนและตรวจสอบคุณภาพ ระยะเวลาในการดำเนินการคือ เดือนสิงหาคม 2564 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2565 ซึ่งแบ่งเป็น

1. การออกแบบรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) และนำรูปแบบการสอนที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพผ่านการประเมินรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ ระยะเวลาในการดำเนินการคือ เดือนสิงหาคม 2564 ถึงเดือนกันยายน 2564 ซึ่งเมื่อได้ประเมินและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะโดยผู้เชี่ยวชาญแล้ว จะได้รูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง)

2. การนำรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ไปทดลองใช้กับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง ระยะเวลาในการดำเนินการคือ เดือนตุลาคม 2564 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2564 โดยใช้เวลาเรียนปกติในรายวิชา คษ452 การสร้างสื่อคอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนจำนวน 30 ชั่วโมง

3. การนำผลที่ได้จากการทดลองนำร่องมาปรับปรุงให้เป็นรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะเวลาในการดำเนินการคือ เดือนธันวาคม 2564 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2565

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองรูปแบบการสอนในสถานการณ์จริง ระยะเวลาในการดำเนินการคือ เดือนมีนาคม 2565 จนถึงเดือนเมษายน 2565 โดยดำเนินการนำรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ใช้กับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งใช้เวลาเรียนปกติในรายวิชา คษ452 การสร้างสื่อคอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โดยใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนจำนวน 30 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน ระยะเวลาในการดำเนินการคือ เดือนพฤษภาคม 2565 เป็นการนำผลที่ได้จากการทดลองในสถานการณ์จริงมาประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน และปรับปรุงรูปแบบการสอนให้เป็นรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในสาระต่าง ๆ ได้แก่ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต และสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ โดยอิงตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. ตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

1) ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู

2) TPACK ของนิสิตครู

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **โปรแกรม** GeoGebra หมายถึง โปรแกรมคณิตศาสตร์พลวัต ซึ่งมีความสามารถในการเชื่อมโยงเกี่ยวกับ โปรแกรมเรขาคณิตพลวัต ในการสร้างทางเรขาคณิต และโปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ ในการดำเนินการทางพีชคณิต รวมถึงมีเครื่องมือตารางการทำงานในการสร้างชุดหรือกลุ่มของข้อมูล และการรองรับการเขียนสคริปต์ในการทำงานเกี่ยวกับการแสดงผลต่าง ๆ

2. **ความรู้ด้านเทคโนโลยี** หมายถึง ความรู้ของนิสิตครูเกี่ยวกับคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ดังต่อไปนี้

2.1 **เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต** เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างอ็อบเจกต์ทางเรขาคณิตให้มีการรักษาสภาพทางเรขาคณิตได้

2.2 **ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์** เป็นระบบที่สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนอตรรกยะและเศษส่วนโดยไม่มีการประมาณค่าเป็นทศนิยม รวมทั้งเป็นระบบที่สามารถจัดรูปนิพจน์พีชคณิตให้อยู่ในรูปอย่างง่าย แยกตัวประกอบ แก้สมการและระบบสมการ และหาค่าของฟังก์ชันทางพีชคณิตได้

2.3 **การบูรณาการระหว่างเครื่องมือเรขาคณิตพลวัต และระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์** เป็นการผสมผสานระหว่างคุณลักษณะของเครื่องมือเรขาคณิตพลวัต และระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การเขียนกราฟของความสัมพันธ์ และการเขียนสคริปต์เพื่อการแสดงผลได้อย่างถูกต้อง

การประเมินความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูประเมินจากงานปฏิบัติ (Task) เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู ซึ่งประกอบด้วยงานปฏิบัติจำนวน 8 ข้อ (ดังภาคผนวก ค)

3. **ความรู้ด้านวิธีสอน** หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีทางการศึกษาของนิสิตครูคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร ความรู้เกี่ยวกับวิธีวิทยาการจัดการเรียนรู้ ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการเรียนรู้ของนักเรียน และความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

4. **ความรู้ด้านเนื้อหา** หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ของนิสิตครูที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยพิจารณาตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

5. TPACK **ของนิสิตครูคณิตศาสตร์** หมายถึง ความสามารถของนิสิตครูในการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยพิจารณา 3 ด้าน ได้แก่

5.1. **ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา** หมายถึง ความสามารถของนิสิตครูในการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

5.2 **ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน** หมายถึง ความสามารถของนิสิตครูในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ซึ่งมีลักษณะที่เป็นประเด็นใช้พิจารณาดังต่อไปนี้

1) มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ได้ชัดเจน

2) เนื้อหาสาระในสื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3) สื่อการเรียนรู้มีลักษณะที่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ กล่าวคือเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ มีลักษณะที่สามารถทำให้นักเรียนได้สำรวจหรือสังเกตองค์ประกอบในสื่อการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้

4) มีการระบุบทบาทของการใช้สื่อ และข้อคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างชัดเจนในแผนการจัดการเรียนรู้

5.3 **ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้** หมายถึง ความสามารถของนิสิตครูในการนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ ได้แก่ ความสามารถในการสุ่มข้อคำถาม และความสามารถในการใช้สคริปต์หรือคำสั่งในการแสดงผลเพื่อการสะท้อนผลการทำงานของนักเรียน ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้

6. **รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์** (ในที่นี้เรียกอย่างย่อว่า “รูปแบบการสอน”) หมายถึง แนวทางหรือกระบวนการในการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยีและ TPACK ของนิสิตครูที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น โดยประกอบไปด้วยการดำเนินการจัดการเรียนการสอน 4 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อทำให้นิสิตครูมีความรู้ในการใช้โปรแกรม GeoGebra การจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ นิสิตครูจะได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra เบื้องต้นจากการลงมือปฏิบัติตามการสาธิตโดยผู้วิจัย และจากการร่วมกันศึกษาเป็นรายกลุ่มผ่านบทเรียนที่ผู้วิจัยเรียบเรียงบนเว็บไซต์ GeoGebra Classroom เมื่อนิสิตครูเรียนรู้การใช้เครื่องมือในแต่ละคาบเรียนแล้ว ในคาบเรียนถัดไปนิสิตครูจะได้ทบทวนและฝึกฝนการใช้เครื่องที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว ผ่านกิจกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์บนโปรแกรม GeoGebra Classic

ระยะที่ 2 การทำให้เกิดการยอมรับ มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อให้นิสิตครูเกิดการยอมรับการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านการเห็นการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษาและตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้วิจัยเรียบเรียงขึ้น สำหรับการจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ แบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 การนำเสนอแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในส่วนนี้นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในหัวข้อเกี่ยวกับ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์และการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ผ่านการบรรยาย การใช้คำถาม และการยกตัวอย่างประกอบจากผู้วิจัย

ส่วนที่ 2 การอภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการนำไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในส่วนนี้นิสิตครูจะได้นำแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนรู้มาแล้วในส่วนที่ 1 ไปใช้ในการอภิปรายและสะท้อนคิดเกี่ยวกับลักษณะของการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จากตัวอย่างชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นรายกลุ่ม

ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อให้นิสิตครูเห็นถึงแนวทางในการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนรู้มาแล้วในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1 กับวิธีการและเทคนิคการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม การจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ นิสิตครูจะได้ร่วมกันศึกษาและนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน วิธีการและเทคนิคในการสร้างสื่อการเรียนรู้ หรือข้อคำถามเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ และแนวทางในการนำชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ ไปใช้จัดการเรียนการสอนหรือวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นเรียนตามแนวคิดทางการศึกษาได้อย่างเหมาะสม

ระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกประสบการณ์เบื้องต้นในการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา ผ่านการออกแบบการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra การจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ นิสิตครูจะได้ออกแบบชิ้นงานจากโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนและวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนในหัวข้อที่สนใจ เมื่อนิสิตครูได้ออกแบบชิ้นงานแล้ว ผู้วิจัยให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้นิสิตครูเห็นแนวทางในการออกแบบชิ้นงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

7. **การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ** หมายถึง กระบวนการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นก่อนนำไปทดลองใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประเมินโดยใช้แบบประเมินซึ่งมีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1: น้อย ระดับ 2: ค่อนข้างน้อย ระดับ 3: ปานกลาง ระดับ 4: ค่อนข้างมาก และระดับ 5: มาก

8. **ประสิทธิผลของรูปแบบการสอน** หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากการนำรูปแบบการสอนไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยพิจารณาจากคะแนนความรู้ด้านเทคโนโลยี และ TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย โดยมีเกณฑ์การตัดสิน ได้แก่

8.1 ภายหลังการใช้รูปแบบการสอน จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

8.2 ภายหลังการใช้รูปแบบการสอน จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

สมมติฐานในการวิจัย

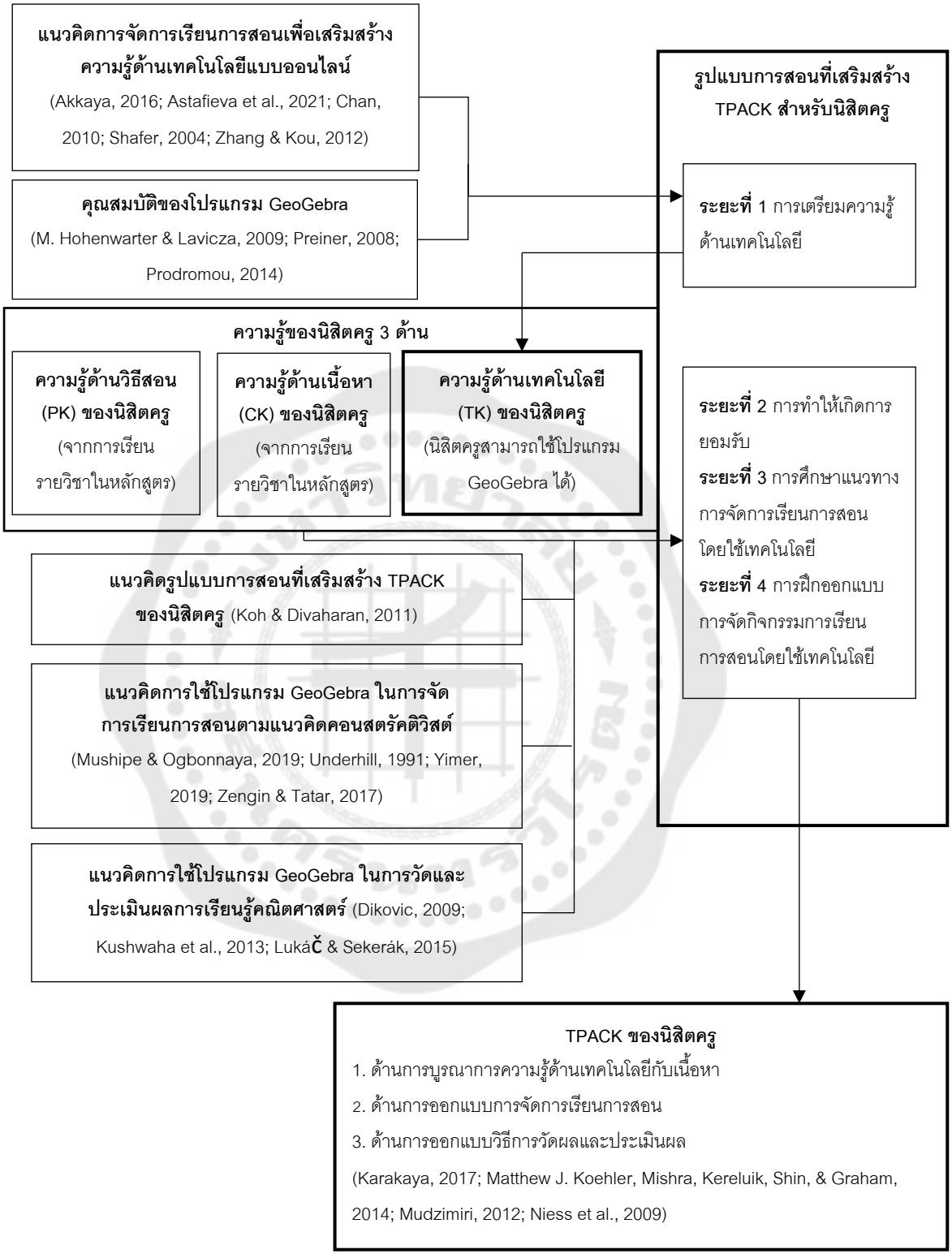
1. รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ มีประสิทธิผลตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้

2. จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนสูงกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษา TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการบูรณาการความรู้ระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีการสอน และความรู้ด้านเนื้อหา เนื่องจากนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี และไม่มีประสบการณ์ในการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้าน ประกอบกับในการวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ผู้วิจัยจึงแบ่งรูปแบบการสอนออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี โดยมีแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนซึ่งได้มาจากการสังเคราะห์แนวคิดการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ของชาน (Chan, 2010) แนวคิดการสอนการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ตามของชาง และคู (Zhang & Kou, 2012) แนวคิดการใช้เว็บไซต์ GeoGebra Classroom ในการจัดการเรียนการสอนของอัสตาฟีเอวา และคนอื่น ๆ (Astafieva, Hlushak, & Lytvyn, 2021) และกำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยีโดยใช้แนวคิดคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra (M. Hohenwarter & Lavicza, 2009; Preiner, 2008; Prodromou, 2014) สำหรับระยะที่ 2 การทำให้เกิดยอมรับ ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี และระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี เป็นระยะที่เสริมสร้างให้นิสิตครูได้บูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีซึ่งได้มาจากการเรียนรู้ในระยะที่ 1 ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา ซึ่งได้มาจากการเรียนในวิชาเรียนตามหลักสูตร โดยแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 2 – 4 นี้ ได้มาจากการสังเคราะห์แนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครู

(Koh & Divaharan, 2011) แนวคิดการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (Mushipe & Ogbonnaya, 2019; Underhill, 1991; T. Yimer, Sirak, 2019; Zengin & Tatar, 2017) และแนวคิดการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Dikovic, 2009; Kushwaha et al., 2013; Lukáč & Sekerák, 2015) จากที่กล่าวมา สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ข้อตกลงเบื้องต้น

นิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย เป็นนิสิตครูชั้นปีที่ 4 (หลักสูตร 5 ปี) ซึ่งได้ผ่านการเรียนและสอบผ่านรายวิชาในหลักสูตรต่อไปนี้แล้ว ได้แก่

1. รายวิชาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านวิธีสอน

1.1 ศษ241 การเรียนรู้และจิตวิทยาสำหรับครู

1.2 ศษ321 วิธีวิทยาในการพัฒนาหลักสูตร

1.3 ศษ331 วิธีวิทยาการจัดการเรียนรู้

1.4 ศษ351 การวัดและประเมินผลทางการศึกษา

2. รายวิชาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านเนื้อหา

2.1 คณ301 คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยมศึกษาตอนต้น

2.2 คณ302 คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยมศึกษาตอนปลาย

ดังนั้น นิสิตครูกลุ่มเป้าหมายจึงถือว่าเป็นนิสิตครูที่มีความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหาเพียงพอสำหรับงานวิจัยนี้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

ตอนที่ 1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี

1.1 ความหมายของความรู้ด้านเทคโนโลยี

1.2 ลักษณะของโปรแกรม GeoGebra

1.3 แนวทางการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี

1.4 แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์

1.5 แนวทางการวัดและประเมินผลความรู้ด้านเทคโนโลยี

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านเทคโนโลยี

ตอนที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเสริมสร้าง TPACK

2.1 ความหมายของ TPACK

2.2 ความสำคัญของ TPACK

2.3 องค์ประกอบของ TPACK

2.4 แนวทางการเสริมสร้าง TPACK

2.5 แนวทางการวัดและประเมินผล TPACK

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ TPACK

ตอนที่ 3 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดในการใช้โปรแกรม GeoGebra

3.1 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

3.2 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

3.3 แนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรม GeoGebra

ตอนที่ 4 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอน

4.1 ความหมายของรูปแบบการสอน

4.2 ประเภทของรูปแบบการสอน

4.3 แนวคิดในการพัฒนารูปแบบการสอน

4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอน

ตอนที่ 1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี

ในการพัฒนารูปแบบการสอนของงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนสำหรับนิสิตครูที่มีความรู้ด้านวิธีสอนและความรู้ด้านเนื้อหา แต่ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นการจัดการเรียนการสอนให้กับนิสิตครูแบบออนไลน์ ดังนั้นในการกำหนดกรอบแนวคิดของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1 ซึ่งเป็นการทำให้นิสิตครูมีความรู้ด้านเทคโนโลยี จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาในประเด็นเกี่ยวกับความหมายของความรู้ด้านเทคโนโลยี ลักษณะของเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้ คือโปรแกรม GeoGebra แนวทางการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี แนวทางในการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ และแนวทางการวัดและประเมินผลความรู้ด้านเทคโนโลยี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความหมายของความรู้ด้านเทคโนโลยี

เทคโนโลยีเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ครูจึงควรเน้นให้นักเรียนสามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ สำหรับการออกแบบการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพนั้น ในขั้นแรกครูคณิตศาสตร์ควรมีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่เพียงพอ เพื่อให้ครูคณิตศาสตร์มีความเข้าใจเกี่ยวกับจุดเด่นของเทคโนโลยีนั้น และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของความรู้ด้านเทคโนโลยี พบว่ามีผู้ที่กล่าวถึงไว้ดังนี้

สภาการวิจัยแห่งชาติอเมริกา (National Research Council, 1999) ได้ให้ความหมายของความรู้ด้านเทคโนโลยีว่า เป็นความรู้ที่ทำให้ครูสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดให้โดยใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม

เชเฟอร์ (Shafer, 2004) กล่าวถึง ความรู้ด้านเทคโนโลยีในการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ว่าประกอบด้วย 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ด้านเทคนิค (Technical Knowledge) เป็นความรู้ของครูเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี เช่น ความรู้เกี่ยวกับวิธีการปรับมาตราส่วนของแกนต่าง ๆ ในโปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นต้น

2. ความรู้ด้านวิธีสอนกับเทคโนโลยี (Pedagogical Knowledge of Technology) เป็นความรู้เกี่ยวกับการนำโปรแกรม The Geometer's Sketchpad ไปใช้ในการสอนให้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้

3. ความรู้ด้านวิธีสอนและเนื้อหากับเทคโนโลยี (Pedagogical Content Knowledge of Technology) เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้เทคโนโลยี

มิชรา และโคเลอร์ (Mishra & Koehler, 2006) กล่าวว่า ความรู้ด้านเทคโนโลยีเป็นความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่จะนำมาจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้และคุณสมบัติของเทคโนโลยีนั้น เช่น ครูคณิตศาสตร์ที่สอนในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเรขาคณิต ควรจะมีความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้และคุณสมบัติของโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต เป็นต้น

นอร์สตรอม (Norström, 2014) กล่าวว่า ความรู้ด้านเทคโนโลยีประกอบไปด้วย 4 ส่วนดังนี้

1. ความรู้ที่เห็นได้ชัด (Tacit Knowledge) เป็นทักษะที่ต้องเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ ไม่สามารถอธิบายคุณลักษณะ หรืออธิบายเป็นถ้อยคำได้ยาก

2. ความรู้เกี่ยวกับหลักการ (Practical Rule Knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับกระบวนการการใช้เทคโนโลยีเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ต้องการ

3. การประยุกต์ทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติ (Applied Natural Science) เป็นความรู้หลักการการทำงานของเทคโนโลยี ซึ่งอธิบายมาจากความรู้จากสาขาต่าง ๆ เช่น คณิตศาสตร์ เป็นต้น

4. วิทยาศาสตร์การเทคโนโลยี (Technological Science) เป็นความรู้ในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางศาสตร์อื่น ๆ ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ

จากการศึกษาความหมายของความรู้ด้านเทคโนโลยี สรุปได้ว่า ความรู้ด้านเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้ของครูเกี่ยวกับหลักการและการใช้งานคุณลักษณะต่าง ๆ ของเทคโนโลยี รวมถึงการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสม

1.2 ลักษณะของโปรแกรม GeoGebra

สำหรับการศึกษาความรู้ด้านเทคโนโลยีในงานวิจัยนี้ จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของนิสิตครู ซึ่งมีผู้กล่าวถึงเกี่ยวกับลักษณะของโปรแกรม GeoGebra ไว้ดังนี้

พรีนเนอร์ (Preiner, 2008) กล่าวว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นการผสมผสานระหว่างคุณสมบัติของเครื่องมือเรขาคณิตพลวัต (Dynamic Geometry) และระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ (Computer Algebra System) ซึ่งมีความเหมาะสำหรับการจัดการเรียนการสอน

คณิตศาสตร์ โดยกล่าวเพิ่มเติมว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยโปรแกรม GeoGebra จะช่วยทำให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ผ่านการทดลอง และการมีปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรม

โฮเฮนวอเทอร์ และลาวิคซา (M. Hohenwarter & Lavicza, 2009) กล่าวสอดคล้องกับพรีนเนอร์ว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นการผสมผสานระหว่างคุณสมบัติของเครื่องมือเรขาคณิตพลวัต และระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ และได้กล่าวรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะของเครื่องมือเรขาคณิตพลวัต และระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ไว้ดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต เป็นเครื่องมือเกี่ยวกับการสร้างวัตถุทางเรขาคณิตที่มีลักษณะพิเศษคือ เมื่อผู้ใช้สร้างวัตถุทางเรขาคณิต เช่น จุด เส้น และวงกลม เป็นต้น วัตถุทางเรขาคณิตเหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันจากการสร้าง และเมื่อผู้ใช้โปรแกรมทำการเคลื่อนย้ายวัตถุใดวัตถุหนึ่ง วัตถุอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับวัตถุนั้นจะยังคงรักษาสมบัติจากการสร้าง กล่าวคือ มีการเคลื่อนย้ายตามไปด้วย (Bantchev, 2010; Mignini, 2001)

2. ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ เป็นระบบที่ผู้ใช้สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตได้อย่างแม่นยำ กล่าวคือ สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนอตรรกยะ โดยไม่มีการประมาณค่าในทุกขั้นตอนการคำนวณเหมือนเครื่องคำนวณทั่วไป นอกจากนี้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ยังสามารถหาผลลัพธ์เกี่ยวกับตัวแปร การแยกตัวประกอบ การแก้สมการ หรือการดำเนินการเกี่ยวกับแคลคูลัส เช่น การหาอนุพันธ์ และการหาปริพันธ์ เป็นต้น รวมไปถึงการเขียนกราฟของฟังก์ชัน (Jurkovic, 2001; Monaghan, Sun, & Tall, 1994)

จากการผสมผสานของคุณลักษณะของโปรแกรมทั้งสองอย่างที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนที่ได้รับความนิยมและเหมาะสมต่อการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ (Ge, Zheng, & Peng, 2011)

คุชวาฮา และคนอื่น ๆ (Kushwaha et al., 2013) กล่าวถึง คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra เพิ่มเติมในส่วนของการใช้สคริปต์ โดยกล่าวถึงคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างปุ่มการทำงาน การสร้างกล่องข้อความสำหรับรับค่าต่าง ๆ จากผู้ใช้โปรแกรม ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้จะมีการทำงานมาจากการใช้ GeoGebra Script ในการควบคุมการแสดงผลของชิ้นงาน

โพรโดรมู (Prodromou, 2014) กล่าวถึง การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนสถิติเบื้องต้น โดยได้กล่าวถึง คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra อีก 2 อย่าง ดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือตารางการทำงาน (Spreadsheet) เป็นส่วนที่ผู้ใช้สามารถป้อนชุดของข้อมูล ซึ่งข้อมูลในตารางการทำงานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และการนำเสนอข้อมูล นอกจากนี้ตารางการทำงานยังสามารถป้อนข้อมูลในรูปของคู่อันดับ เพื่อช่วยในการเขียนกราฟของความสัมพันธ์ได้

2. เครื่องมือการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Calculator) เป็นส่วนที่แสดงเกี่ยวกับการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่าง ๆ โดยที่ผู้ใช้สามารถกำหนดจุดปลายของช่วงของพื้นที่ใต้เส้นโค้งจากการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่าง ๆ เพื่อคำนวณหาความน่าจะเป็น ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวนประชากร รวมไปถึงแสดงการทดสอบสมมติฐานจากค่าที่ผู้ใช้กำหนด

จากการศึกษาลักษณะของโปรแกรม GeoGebra สามารถสรุปได้ว่า โปรแกรม GeoGebra ประกอบไปด้วยคุณสมบัติ 3 อย่างต่อไปนี้

1. เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต เป็นเครื่องมือเกี่ยวกับการสร้างวัตถุทางเรขาคณิตที่เมื่อสร้างแล้วอาจมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันจากการสร้าง และเมื่อผู้ใช้โปรแกรมทำการเคลื่อนย้ายวัตถุใดวัตถุหนึ่ง วัตถุอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับวัตถุนั้นจะยังคงรักษาสมบัติจากการสร้าง กล่าวคือ มีการเคลื่อนย้ายตามไปด้วย

2. ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ เป็นระบบที่ผู้ใช้สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนอตรรกยะ เศษส่วน และค่าคงตัวทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ โดยไม่มีการประมาณค่า และสามารถดำเนินการทางพีชคณิต เช่น การแยกตัวประกอบ การแก้สมการ การหาค่าของฟังก์ชัน และแคลคูลัสได้ เป็นต้น

3. การบูรณาการระหว่างเครื่องมือเรขาคณิตพลวัต และระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ กล่าวคือ โปรแกรม GeoGebra สามารถใช้ในการเขียนกราฟของฟังก์ชัน การแสดงสมบัติของวัตถุทางเรขาคณิตในเชิงพีชคณิตได้ เช่น การแสดงสมการของวงกลมที่สร้างจากเครื่องมือเรขาคณิตพลวัต เป็นต้น รวมไปถึงการใช้สคริปต์ในการประยุกต์การแสดงผลของวัตถุต่าง ๆ ที่สร้างในโปรแกรม

1.3 แนวทางการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนารูปแบบการสอนสำหรับนิสิตครูที่ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 1 มีของรูปแบบการสอน จึงจำเป็นที่จะต้องจัดการเรียนการสอนให้นิสิตครูมีความรู้ด้านเทคโนโลยีก่อนเป็นสำคัญ จากการศึกษาแนวทางในการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี พบว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวถึงแนวทางต่าง ๆ ไว้ดังนี้

เชเฟอร์ (Shafer, 2004) กล่าวถึง แนวทางการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยีในการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad สำหรับครู โดยแนวทางของเชเฟอร์นั้น ได้เริ่มจากให้ครูได้ทดลองลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามขั้นตอนการสร้างที่ได้เรียบเรียงไว้ แล้วสร้างข้อความคาดการณ์ที่ได้จากผลการสร้าง จากนั้นให้ครูได้อภิปรายถึงเหตุผลที่ได้จากการสร้าง นอกจากนี้ เชเฟอร์ ได้กล่าวถึงประเด็นที่ได้เน้นเพิ่มเติมในการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยีในการใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัตไว้โดยเฉพาะในเรื่องของการเน้นให้ครูมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแม่และตัวลูก การใช้เครื่องมือการซ่อนวัตถุ การใช้เครื่องมือการคำนวณ และการสร้างใบงานจากโปรแกรม

โกห์ และฟริก (Koh & Frick, 2009) ได้กล่าวถึง รูปแบบของชั้นเรียนที่เสริมสร้างการรับรู้ความสามารถของตนเองในการใช้คอมพิวเตอร์ของนิสิตครู ซึ่งจะช่วยทำให้นิสิตครูมีแรงจูงใจในการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี โดยแต่ละรูปแบบผู้วิจัยสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

รูปแบบที่ 1 ผู้สอนใช้วิธีการแสดงและบอก พร้อมด้วยวิธีการใบ้โดยฉับพลัน (Show and Tell with Prompt and Hint) ซึ่งเป็นวิธีการที่ผู้สอนจะต้องใช้การตอบคำถามเกี่ยวกับปัญหาที่นิสิตครูพบในการใช้งาน และใช้คำถามนิสิตครูเพื่อต่อยอดจากปัญหานั้น ซึ่งเป็นคำถามที่ง่าย ๆ หรือมีการใบ้คำตอบต่อจากคำถามไว้แล้ว ทำให้นิสิตครูสามารถตอบได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยกระตุ้นให้นิสิตครูมีความอยากรู้อยากเห็น ไม่ท้อถอยต่ออุปสรรคที่พบ และมีความพร้อมที่จะฝึกฝนในการใช้งานระดับที่สูงขึ้น

รูปแบบที่ 2 ผู้สอนใช้วิธีการตรวจสอบความก้าวหน้า การควบคุมความคับข้องใจของนิสิตครู และการแลกเปลี่ยนวิธีการต่าง ๆ ที่จะสนับสนุนให้นิสิตครูสามารถแก้ปัญหาที่พบได้ สำหรับหลักการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบนี้มีดังต่อไปนี้

1. ติดตามความก้าวหน้าการทำงานของนิสิตครูในคาบเรียนอย่างสม่ำเสมอ

2. ให้การสนับสนุนความช่วยเหลือในการทำงานด้านต่าง ๆ ของนิสิตครูอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ทันที

3. แลกเปลี่ยนวิธีการใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานกับนิสิตครู

รูปแบบที่ 3 ในระหว่างการฝึกฝนการใช้เทคโนโลยี ผู้สอนกระตุ้นให้นิสิตครูได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และเสริมสร้างบรรยากาศที่เป็นกันเอง เพื่อให้นิสิตครูไม่เกิดความเครียดและมีแรงจูงใจในการทำงาน

รูปแบบที่ 4 ผู้สอนชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้และเป้าหมายของงานที่จะทำให้ชัดเจน และมีการตรวจสอบและประเมินผลประสิทธิภาพของวิธีการทำงานที่นิสิตครูเลือกใช้ในการทำงาน เพื่อให้นิสิตครูได้แนวทางในการกำหนดจุดมุ่งหมายและพัฒนาการทำงานในขั้นต่อ ๆ ไป

ซางและคู (Zhang & Kou, 2012) ได้เสนอแนะว่า การจัดการเรียนการสอนการใช้โปรแกรมควรจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เนื่องจากจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนร่วมมือกันค้นหาวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์แนวคิดที่ได้เรียนรู้มาแล้ว เรียนรู้เครื่องมือต่าง ๆ ได้อย่างต่อเนื่อง และทำให้ผู้เรียนเกิดความคล่องแคล่วในการใช้โปรแกรม

อักกายา (Akkaya, 2016) ได้เสนอแนวทางในเสริมสร้างความสามารถในการใช้โปรแกรม GeoGebra สำหรับนิสิตครู ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดของเชเฟอร์ โดยสามารถสรุปได้ว่าการสอนการสร้างในแต่ละประเด็นมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนดังนี้

1. ให้นิสิตครูลงมือปฏิบัติสร้างตามขั้นตอนที่กำหนดให้

2. นิสิตครูตรวจสอบการสร้างโดยเลื่อนวัตถุต่าง ๆ แล้วอภิปรายผลที่ได้จากการสร้างว่า สอดคล้องกับบทนิยาม หรือได้ข้อความคาดการณ์ว่าอย่างไร และระบุถึงเหตุผลที่ทำให้การเลื่อนวัตถุต่าง ๆ ยังคงสภาพทางเรขาคณิตที่ทำให้การสร้างนั้นเป็นจริง โดยไม่เน้นการแสดงการพิสูจน์ แต่เน้นการใช้เครื่องมือและอธิบายหลักการของโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตได้

3. ให้ประยุกต์แนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรมในข้อที่ 1 และ 2 โดยสร้างและเขียนอธิบายการสร้าง รวมถึงอภิปรายเหตุผลที่ได้จากการสร้างว่าเป็นจริง ในประเด็นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วในข้อที่ 1 และ 2

จากการศึกษาแนวทางการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี สามารถสรุปขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยีได้ดังนี้

1. ขั้นนำ เป็นขั้นที่ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียนและ / หรือ ทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรมที่นิสิตครูได้เรียนรู้มาแล้ว

2. ขั้นสอน เป็นขั้นที่นิสิตครูได้เรียนรู้การใช้เทคโนโลยี โดยมีแนวทางการดำเนินกิจกรรมดังนี้

2.1 นิสิตครูเรียนรู้การใช้งานเครื่องมือเบื้องต้นผ่านการสาธิตจากผู้สอน

2.2 นิสิตครูร่วมกันศึกษาเครื่องมือเพิ่มเติมที่เป็นการต่อยอดจากแนวคิดจากสิ่งที่ได้เรียนรู้ในข้อ 2.1 เป็นรายกลุ่ม

2.3 นิสิตครูร่วมกันอภิปรายผลการเรียนรู้การใช้เครื่องมือเพิ่มเติมในข้อ 2.2 โดยผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม หากมีวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการอื่น ๆ

3. ขั้นสรุป เป็นขั้นที่นิสิตครูร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

โดยในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนจะต้องหมั่นตรวจสอบผลการลงมือใช้เทคโนโลยี และมีความพร้อมที่จะช่วยเหลือและแก้ปัญหาเมื่อนิสิตครูพบอุปสรรคในการใช้งานเทคโนโลยี รวมทั้งกระตุ้นให้นิสิตได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

1.4 แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์

เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ให้กับนิสิตครู ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ซึ่งพบว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวถึงไว้ดังนี้

ชาน (Chan, 2010) กล่าวถึง ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ไว้ดังนี้

1. จัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนและส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีอิสระในการเรียนรู้

2. ใช้สื่อการสอนจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิซึ่งมีการจัดการและเรียบเรียงอย่างเหมาะสมกับลักษณะของบทเรียน

3. กำหนดภาระงานที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยีในการแสดงกระบวนการคิดผ่านการวิเคราะห์ การคาดการณ์ และการสร้าง

4. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสะท้อนผลต่อการจัดการเรียนการสอน

5. ตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดพื้นฐานของผู้เรียนก่อนเริ่มกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดนั้นในการแสดงแนวคิดอื่น ๆ ที่ลึกซึ้งขึ้นด้วยตนเอง

6. กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่าง ๆ ในชั้นเรียน

7. กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดโดยใช้คำถามปลายเปิด หรือคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนร่วมกันค้นหาคำตอบ

8. ผู้สอนควรให้ความสนใจกับการตอบคำถามครั้งแรกของผู้เรียน แม้จะเป็นการตอบที่อาจไม่ถูกต้อง เนื่องจากเป็นการสะท้อนแนวคิดหรือสิ่งที่เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียน

9. จัดกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา หรือทำให้ค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ที่แตกต่างจากสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว

10. ให้เวลากับผู้เรียนในการถามคำถาม

11. ให้เวลากับผู้เรียนในการหาความสัมพันธ์จากสิ่งที่ได้เรียนรู้ และสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรม

12. สร้างบรรยากาศชั้นเรียนให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น โดยใช้วิธีการสอนที่หลากหลาย

ซอคเบาเออร์ และโฮเฮนวอเทอร์ (Zöchbauer & Hohenwarter, 2020) ได้กล่าวถึงการใช้ GeoGebra Classroom ว่าเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ผู้สอนสามารถใช้แสดงสาธิตการทำงานให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปพร้อม ๆ กัน และสามารถสลับหน้าจอเพื่อติดตามการทำงานของผู้เรียนแต่ละคนได้อย่างรวดเร็ว

อัสตาฟิเอวา และคนอื่น ๆ (Astafieva et al., 2021) ได้กล่าวถึงการใช้ GeoGebra Classroom เป็นเครื่องมือในการสอนการใช้โปรแกรม GeoGebra สำหรับนิสิตครูไว้ว่า เว็บไซต์ GeoGebra Classroom สามารถทำให้ผู้เรียนแต่ละคนสามารถวิเคราะห์ หาข้อสรุป และตัดสินในการสร้างต่าง ๆ ผ่าน Applet ที่ผู้สอนออกแบบบนเว็บไซต์ได้ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถใช้สังเกตการทำงานของผู้เรียนแบบออนไลน์ในขณะผู้เรียนกำลังทำงานโดยการคลิกเข้าไปดูการทำงานของผู้เรียนแต่ละคนจากคอมพิวเตอร์ของผู้สอนเองได้ ซึ่งช่วยทำให้ผู้สอนสามารถเห็นถึงความเข้าใจ หรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ และสามารถแก้ไขได้อย่างเหมาะสมและทันที

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ พบว่า เครื่องมือหนึ่งที่จะช่วยในการสอนการใช้โปรแกรม GeoGebra แบบออนไลน์ได้ คือเว็บไซต์ GeoGebra Classroom ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถออกแบบการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้ โดยการเรียบเรียงคำถาม และงานปฏิบัติ (Task) ที่กระตุ้นให้นิสิตครูเกิดความอยากรู้อยากเห็น เน้นให้นิสิตครูได้ทำการสร้างและวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ ในแต่ละ Applet รวมไปถึงการสร้างข้อความคาดการณ์ เพื่อให้นิสิตครูสามารถสรุปความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ

ด้วยตนเองได้ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยให้ผู้สอนสามารถติดตามการทำงาน ตรวจสอบความเข้าใจ และแก้ไขความคลาดเคลื่อนในการทำงานของนิสิตครูได้อย่างทันที

1.5 แนวทางการวัดและประเมินผลความรู้ด้านเทคโนโลยี

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ ความรู้ด้านเทคโนโลยีจะพิจารณาจากการใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครู ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลความรู้ในการใช้คุณสมบัติต่าง ๆ ของโปรแกรม GeoGebra จากการศึกษาพบว่า มีนักการศึกษากล่าวถึงแนวคิดดังกล่าวไว้ดังต่อไปนี้

สไตเลียนิเดส และสไตเลียนิเดส (Stylianides & Stylianides, 2005) กล่าวถึงเกณฑ์สองเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการสร้างโดยใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต ประกอบด้วย

1. เกณฑ์การทดสอบโดยการลาก (Drag Test Criterion) การสร้างโดยใช้โปรแกรมเรขาคณิตพลวัตจะถูกต้อง ก็ต่อเมื่อผลลัพธ์การสร้างสุดท้ายจะคงสภาพทางเรขาคณิตเสมอไม่ว่าจะลากวัตถุใดก็ตาม

2. เกณฑ์การทดสอบความเข้ากันได้ (Compatibility Criterion) การสร้างโดยใช้โปรแกรมเรขาคณิตพลวัตจะถูกต้อง ก็ต่อเมื่อการสร้างนั้นไม่ละเมิดข้อตกลงในการสร้างของปัญหานั้น ตัวอย่างเช่น ปัญหามีการกำหนดกติกาในการสร้างคือ ให้ใช้การสร้างโดยใช้เครื่องมือที่สอดคล้องกับการสร้างโดยใช้สันตรงและวงเวียนเท่านั้น ห้ามใช้เครื่องมือการคำนวณ เป็นต้น

เอิร์ฟจอร์ด (Erfjord, 2011) กล่าวถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ด้านการใช้งานทั่วไป (Usage Schemes) เป็นความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการทำงานได้อย่างถูกต้อง เช่น สามารถกำหนดชื่อจุดได้ สามารถใช้การซ่อน / แสดงวัตถุได้ สามารถใช้เครื่องมือการวัดได้ เป็นต้น

2. ด้านการใช้งานโดยเฉพาะ (Instrument-mediated Action Schemes) เป็นความสามารถในการใช้คุณลักษณะเฉพาะของโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต เช่น ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบตัวแม่ - ตัวลูก ในการสร้างรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าได้อย่างถูกต้อง เป็นต้น

อัลคาทานิ และโพเวลล์ (Alqahtani & Powell, 2017) กล่าวถึง คุณลักษณะของครูที่สามารถใช้เทคโนโลยีโปรแกรม GeoGebra ได้ โดยพิจารณาจากการใช้เครื่องมือ 2 ส่วนดังนี้

1. เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการลาก ประกอบด้วย

1.1 การเลือกใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องลากได้เหมาะสม เช่น การตัดสินใจเลือกจุดสำคัญในการพิจารณาสมบัติทางเรขาคณิต ทิศทางการลาก จำนวนครั้งในการลาก และข้อมูลที่ได้จากการลาก

1.2 ความสามารถในการระบุสมบัติทางเรขาคณิตและความสัมพันธ์ของวัตถุต่าง ๆ ในชิ้นงาน เช่น การเป็นตัวแม่ - ตัวลูก และกระบวนการสร้างของวัตถุนั้น เป็นต้น

2. เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิต ประกอบด้วย

2.1 สามารถระบุถึงสมบัติทางพีชคณิตของวัตถุที่เปลี่ยนไปของวัตถุเมื่อวัตถุนั้นมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง กล่าวคือ เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเรขาคณิตและพีชคณิตของวัตถุต่าง ๆ ในโปรแกรม

2.2 การใช้เครื่องมือการวัดความยาว ขนาดของมุม และความชัน เพื่อระบุสมบัติที่ซ่อนอยู่ของวัตถุนั้นจากการสร้างได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลความรู้ด้านเทคโนโลยีข้างต้นและแนวคิดเกี่ยวกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของโปรแกรม GeoGebra ทำให้สามารถสรุปการวัดความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูได้ดังนี้

1. การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต พิจารณาจากการสร้างทางเรขาคณิตในชิ้นงาน โดยตรวจสอบผ่านการลากวัตถุที่ได้จากการสร้างมีการรักษาสภาพทางเรขาคณิต และตรวจสอบว่ามีการเลือกใช้เครื่องมือการสร้างตามเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่

2. การใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ พิจารณาจากการใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ ของหน้าต่างระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ และตารางการทำงานในการคำนวณทางพีชคณิตเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง

3. การบูรณาการระหว่างเครื่องมือเรขาคณิตพลวัต และระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ พิจารณาจากการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการเขียนกราฟของความสัมพันธ์ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้ในการเขียนสคริปต์เพื่อการแสดงผลได้อย่างถูกต้อง

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านเทคโนโลยี

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านเทคโนโลยี ซึ่งพบว่ามีงานวิจัยดังต่อไปนี้

งานวิจัยในประเทศ

พุทธชาด อังณะกูร และคนอื่น ๆ (2562) ได้ทำการสังเคราะห์คุณลักษณะเชิงบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี การจัดการเรียนการสอนและเนื้อหากลุ่มสาระวิชาสำหรับนิสิตนักศึกษาด้านวิทยาศาสตรศึกษาและคณิตศาสตรศึกษา โดยมีกลุ่มตัวอย่างเพื่อร่วมกันสังเคราะห์กรอบแนวคิดเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี การจัดการเรียนการสอน และเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตรศึกษาและคณิตศาสตรศึกษา จำนวน 7 คน เป็นนักวิชาการด้านวิทยาศาสตรศึกษาจำนวน 2 คน นักวิชาการด้านคณิตศาสตรศึกษา จำนวน 1 คน นักวิชาการด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 2 คน และนักวิชาการด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 1 คน ซึ่งได้มาจากการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ผลการศึกษา จากการประชุมกลุ่มเพื่อระดมความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณลักษณะของความรู้ด้านเทคโนโลยีโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า ความรู้ด้านเทคโนโลยี หมายถึง การรับรู้ของผู้สอนว่าตนเองมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีอย่างหลากหลาย ตั้งแต่เทคโนโลยีอย่างง่าย เช่น ดินสอ และกระดาษไปจนถึงดิจิทัลเทคโนโลยี เช่น อินเทอร์เน็ต ภาพเคลื่อนไหวดิจิทัล กระดานอัจฉริยะ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ดังนั้นคุณลักษณะของผู้ที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยีจึงมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. สามารถช่วยเหลือผู้เรียนที่มีปัญหาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ
2. ติดตามเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่ออกมาใหม่ ๆ เสมอ
3. สามารถใช้เทคโนโลยีพื้นฐานสำหรับทำงานเอกสารสำนักงานทั่วไปได้
4. สามารถแก้ปัญหาเบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีได้
5. มีมุมมองต่อเทคโนโลยีในด้านที่มีประโยชน์มากกว่าภาระ
6. สามารถประยุกต์ใช้ของที่มีอยู่ในพื้นที่เพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้ในห้องเรียน
7. สามารถใช้โสตทัศนูปกรณ์พื้นฐานที่มีอยู่ในชั้นเรียน
8. สามารถใช้สื่อสังคมออนไลน์ และโปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ
9. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบพื้นฐานของคอมพิวเตอร์และการจัดเก็บข้อมูล
10. มีความรู้ในการใช้ระบบการจัดการเรียนรู้

วนิดา หอมจันทร์ และบุญทวี อิ่มบุญตา (2564) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดการรับรู้ความสามารถของนักศึกษาครูด้านการบูรณาการความรู้ตามกรอบแนวคิดทีแพค มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครูระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 5 ปีการศึกษา 2563 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จำนวน 560 คน ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน ผลการวิจัยองค์ประกอบภายใต้กรอบแนวคิด TPACK พบว่า องค์ประกอบการรับรู้ความรู้ด้านเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด

งานวิจัยต่างประเทศ

กูนส์ และคนอื่น ๆ (Güne**Ş**, Gökçek, & Bacanak, 2010) ได้ทำการศึกษาการประเมินตนเองของครูเกี่ยวกับสมรรถนะในการใช้เทคโนโลยี กลุ่มตัวอย่างเป็นครูจำนวน 220 คน ตามโรงเรียนต่าง ๆ ในเมืองทรับซอน ประเทศตุรกี ผลการศึกษาพบว่าครูมีสมรรถนะในการใช้เทคโนโลยีด้านการใช้คอมพิวเตอร์พื้นฐานมากที่สุด ซึ่งคิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 3.11 คะแนน และมีสมรรถนะในการใช้เทคโนโลยีด้านการใช้โปรแกรมตารางการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งคิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 1.70 คะแนน

แคปลอน และลูบลินสกายา (Kaplon & Lyublinskaya, 2015) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านวิธีสอน และ TPACK ของนักศึกษาครูการศึกษาพิเศษที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเกี่ยวกับวิธีการสอนโดยใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครูการศึกษาพิเศษ ระดับปริญญาโท จำนวน 45 คน ผลการวิจัยด้านความรู้ด้านเทคโนโลยีพบว่า ก่อนนักศึกษาครูได้รับการจัดการเรียนการสอน มีคะแนนเฉลี่ยความรู้ด้านเทคโนโลยีเป็น 68.19 คะแนน และหลังจากการได้รับการจัดการเรียนการสอน นักศึกษาครูมีคะแนนเฉลี่ยความรู้ด้านเทคโนโลยีเป็น 68.45 คะแนน ซึ่งไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามนักศึกษาครูมีคะแนนเฉลี่ย TPACK หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนลักษณะดังกล่าวมุ่งเน้นให้นักศึกษาครูสามารถบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้านได้ดีกว่าการมุ่งเน้นให้นักศึกษาครูมีพัฒนาการของความรู้ตามองค์ประกอบของ TPACK ในแต่ละด้าน

ซัมแบก และไทมินสกี (Zambak & Tyminski, 2020) ได้ทำการศึกษาความรู้ด้านเทคโนโลยีของนักศึกษาครูในการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครูคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรี จำนวน 16 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยเป็นนักศึกษาครูที่ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยีในการใช้โปรแกรม The Geometer's

Sketchpad ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการได้รับการจัดการเรียนการสอนการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad นักศึกษาครูจำนวน 13 คน (ร้อยละ 81.2) มีความรู้ด้านเทคโนโลยีในระดับที่ 2 คือเป็นระดับที่นักศึกษาครูสามารถใช้เครื่องมือการวัดต่าง ๆ ในโปรแกรมเพื่อใช้ในการสำรวจองค์ประกอบในชิ้นงานได้ และสามารถตระหนักถึงหลักการทำงาน และสมบัติของแต่ละเครื่องมือในโปรแกรมได้ แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรมเพื่อทำให้การสร้างอ็อบเจกต์เป็นไปตามสมบัติทางเรขาคณิตได้อย่างสมบูรณ์ และมีนักศึกษาครูจำนวน 3 คน (ร้อยละ 18.8) มีความรู้ด้านเทคโนโลยีในระดับที่ 3 คือ สามารถเชื่อมโยงระหว่างความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรมเพื่อทำให้การสร้างอ็อบเจกต์เป็นไปตามสมบัติทางเรขาคณิตได้อย่างสมบูรณ์

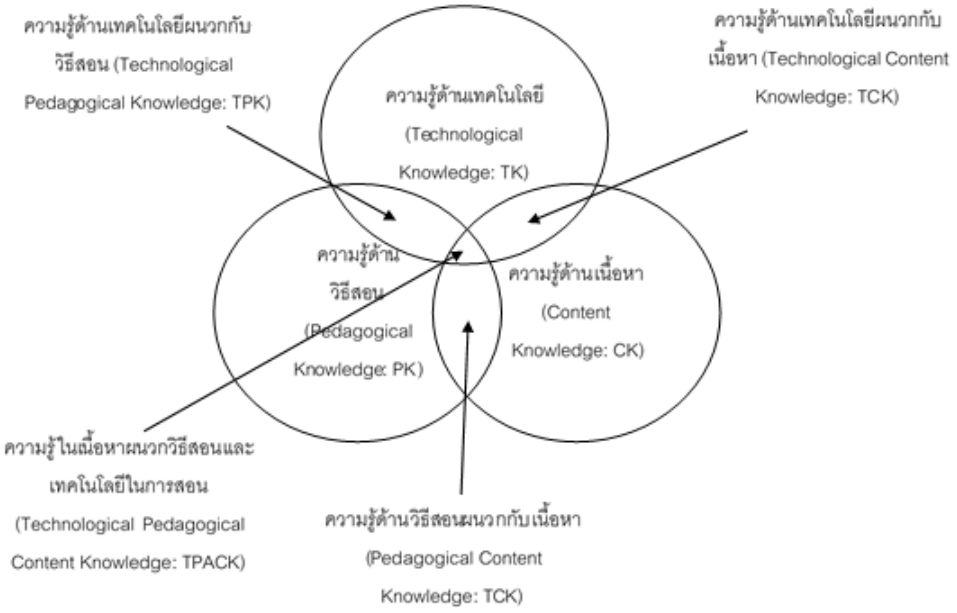
ตอนที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเสริมสร้าง TPACK

ในการกำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการสอนระยะที่ 2 – 4 ซึ่งเป็นระยะที่มุ่งเน้นการเสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับ TPACK จากการศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ความหมายของ TPACK

TPACK หรือ ความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา (Technological Pedagogical Content Knowledge) เป็นแนวคิดที่พัฒนาขึ้นมาจากแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพครูของชูลแมน (L. Shulman, 1987) ที่ได้กล่าวถึง ความรู้ในการบูรณาการวิธีสอนและเนื้อหา (Pedagogical Content Knowledge: PCK) ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับครูในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเทคโนโลยีเป็นสิ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นความรู้ในการใช้เทคโนโลยี (Technological Knowledge: TK) จึงเป็นอีกความรู้หนึ่งที่มีความสำคัญ แต่การมีความรู้ในการใช้เทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว อาจไม่เพียงพอสำหรับครูในออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น โคเลอร์ และมิชรา (M. Koehler & Mishra, 2009) จึงได้เสนอแนวคิดของ TPACK ซึ่งเป็นการบูรณาการระหว่าง PCK และ TK เพื่อให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาเอกสาร พบว่ามีผู้ให้ความหมายเกี่ยวกับ TPACK ดังนี้

มิชรา และโคเลอร์ (Mishra & Koehler, 2006) กล่าวว่า TPACK คือ ความรู้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งเกิดจากการบูรณาการขององค์ประกอบความรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge: CK) ความรู้ด้านการสอน (Pedagogical Knowledge: PK) และความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technology Knowledge: TK) โดย โคเลอร์ มิชรา และเคน ได้แสดงแผนภาพอธิบายแนวคิดของ TPACK ดังนี้

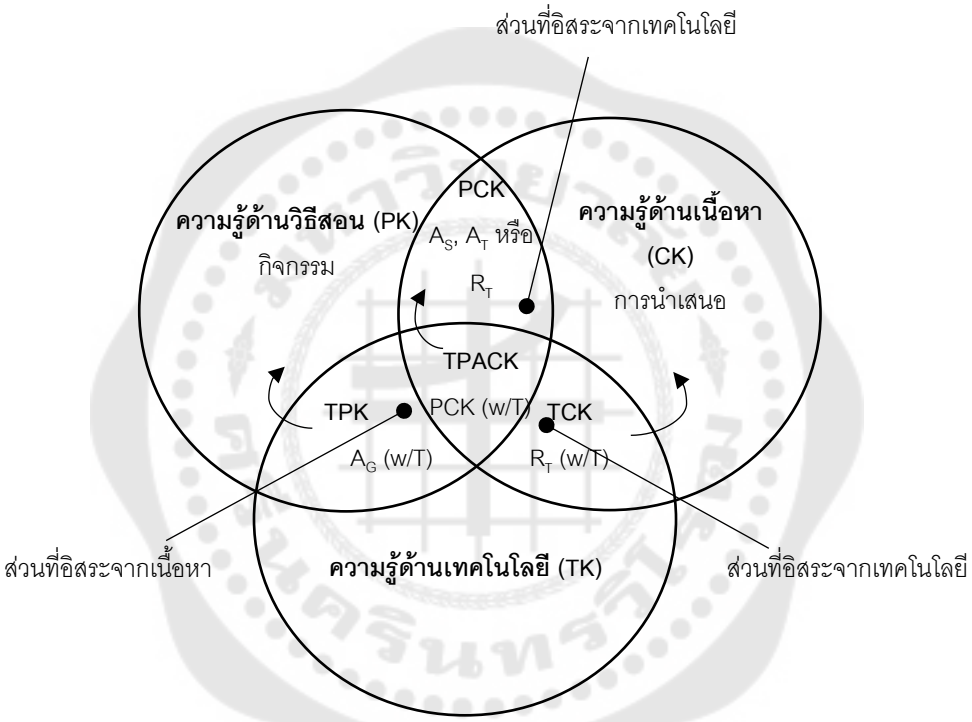


ภาพประกอบ 2 แนวคิดและองค์ประกอบต่าง ๆ ของ TPACK ของโคเลอร์ มิชรา และเคน

ที่ ม า : Matthew J. Koehler et al. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)?

ซูซาน และเกรแฮม (Susan & Graham, 2009) กล่าวในทำนองเดียวกันกับ มิชรา และโคเลอร์ ว่า TPACK เป็นการบูรณาการระหว่างความรู้ 3 ด้านของครู โดยกล่าวเพิ่มเติมว่า PCK คือ ความรู้ในการบูรณาการระหว่างความรู้ในการจัดกิจกรรมในวิชาเฉพาะ (Subject-specific Activities: A_S) หรือ ความรู้ในการจัดกิจกรรมในหัวข้อเฉพาะ (Topic-specific Activities: A_T) ร่วมกับ ความรู้ในการนำเสนอในหัวข้อเฉพาะ (Topic-specific Representations: R_T) ซึ่งคุณลักษณะของครูที่มี TPACK คือ ครูที่มี PCK และสามารถนำความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) มาเป็นเครื่องมือในการจัดทำสื่อการเรียนรู้ เพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียน นอกจากนี้ยังมีการระบุเพิ่มเติมว่า ความรู้ด้านเนื้อหาเป็นความรู้ที่

เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้วิธีการนำเสนอในหัวข้อเฉพาะต่าง ๆ (R_T) ซึ่งมีความแตกต่างจากความรู้ด้านวิธีสอน ที่กล่าวถึงความรู้ทั่วไปของครูในการจัดการเรียนการรู้ในชั้นเรียน (General Activities: A_G) และให้ความหมายของ ความรู้ด้านเทคโนโลยี ว่าเป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้เทคโนโลยีที่เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน (with Technology: w/T) จากที่กล่าวมา สามารถแสดงแผนภาพแนวคิดและองค์ประกอบต่าง ๆ ของ TPACK ของซูซานได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 3 แนวคิดและองค์ประกอบต่าง ๆ ของ TPACK ของซูซาน

ที่มา: Susan (2008). A Conceptual Analysis of Technological Pedagogical Content Knowledge.

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษา TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ที่ยังไม่ได้ออกฝึกสอน จึงกำหนดขอบเขตของความหมายของ TPACK คือ ความสามารถในการบูรณาการระหว่างความรู้ทั้ง 3 ด้านของนิสิตครู ได้แก่ ความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหาเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน

2.2 ความสำคัญของ TPACK

การศึกษา TPACK ของนิสิตครูมีความสำคัญต่อการฝึกหัดครูเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจะทำให้ได้แนวทางในการออกแบบรายวิชาฝึกหัดครู หรือรายวิชาเฉพาะ ให้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการบูรณาการในรายวิชาเหล่านี้ได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้นิสิตครูสามารถพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยี วิธีสอน และเนื้อหาได้อย่างต่อเนื่อง (Susan, 2008) การเสริมสร้างการบูรณาการระหว่างความรู้ทั้ง 3 ด้านอย่างต่อเนื่องนี้จะทำให้นิสิตครูที่จบหลักสูตรการฝึกหัดครู เป็นผู้ที่มีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนของศตวรรษที่ 21 จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักการศึกษากล่าวถึงความสำคัญของ TPACK ดังนี้

อาชัมโบลต์ และบาร์เนตต์ (Archambault & Barnett, 2010) กล่าวว่า TPACK เป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมในการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทางการศึกษา เนื่องจาก TPACK เป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่พยายามอธิบายถึงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่าง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา อย่างไรก็ตาม ในขณะที่ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ TPACK จะมีความน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง แต่ในปัจจุบัน พบว่ายังมีความต้องการงานวิจัยที่วัดและประเมินผลความสัมพันธ์ระหว่าง 3 องค์ประกอบนี้เพิ่มเติม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรและตำราเรียน ที่เน้นการเชื่อมโยงด้านความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา อันเป็นสิ่งที่สำคัญในพัฒนาการจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

โคเลอร์ และคนอื่น ๆ (Matthew J. Koehler et al., 2013) กล่าวว่า TPACK เป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญ ที่จะช่วยให้เห็นแนวทางในการฝึกหัดครู เพื่อจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจาก แนวคิดนี้ได้เสนอแนะว่า ครูจะต้องมีความรู้ความเข้าใจใน 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการเลือกวิธีการนำเสนอเนื้อหาในแต่ละเรื่องให้กับนักเรียนได้อย่างเหมาะสม และด้านเทคนิคหรือวิธีสอนในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง แล้วนำความรู้ทั้งสองด้านนี้มาผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้การเรียนรู้เนื้อหาของนักเรียนสามารถทำได้ง่ายขึ้น หรือช่วยแก้ปัญหาและอุปสรรคในการทำความเข้าใจในบทเรียนของนักเรียนได้

จากการศึกษาความสำคัญของ TPACK สรุปได้ว่า กรอบแนวคิดของ TPACK เป็นกรอบแนวคิดหนึ่งที่ทำให้เกิดการศึกษาเพื่อพัฒนาการฝึกหัดครูในการบูรณาการการใช้

เทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอนในวิชาเฉพาะ ซึ่งกรอบแนวคิดนี้เป็นสิ่งที่ช่วยกำหนดแนวทางในการเสริมสร้างนิสิตครูที่มีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

2.3 องค์ประกอบของ TPACK

มิชรา และโคเลอร์ (Mishra & Koehler, 2006) กล่าวว่า TPACK เกิดจากการเชื่อมโยงกันหรือปฏิสัมพันธ์กันระหว่างความรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ความรู้ด้านเทคโนโลยี เป็นความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีที่จะนำมาจัดการเรียนการสอน ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้และคุณสมบัติของเทคโนโลยีนั้น

2. ความรู้ด้านวิธีสอน เป็นความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีทางการศึกษา ได้แก่ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งนำไปสู่รูปแบบหรือวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ความรู้ด้านวิธีสอนอาจพิจารณาจากความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร การจัดการชั้นเรียน การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ครูที่มีความรู้ด้านวิธีสอนเป็นอย่างดี จะสามารถนำทฤษฎีทางการศึกษาไปประยุกต์ใช้ เพื่อค้นหาวิธีการสร้างความรู้หรือการพัฒนาความสามารถของนักเรียนได้อย่างเหมาะสม

3. ความรู้ด้านเนื้อหา เป็นความรู้เกี่ยวกับวิชาเฉพาะที่นักเรียนจะต้องได้รับการเรียนรู้ หรือวิชาเฉพาะที่ครูจะต้องสอน ความรู้ที่ว่านี้อาจเป็นความรู้ในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งแตกต่างจากความรู้ในระดับปริญญาตรีที่ครูได้รับการศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย (Mishra & Koehler, 2006) ความรู้ด้านเนื้อหาที่ครูผู้สอนจะต้องมี ไม่ใช่เพียงการระบุหรือรู้ความหมายว่าสิ่งนั้นคืออะไรเท่านั้น แต่เป็นการเข้าใจถึงที่มาและการนำไปใช้ขององค์ความรู้นั้นอีกด้วย (L. S. Shulman, 1986)

นอกจากนี้ มิชรา และโคเลอร์ ได้กล่าวถึงความรู้อีก 3 ด้าน ที่เกิดจากการบูรณาการระหว่างความรู้ 2 ด้าน จาก 3 ด้าน ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ในการบูรณาการระหว่างวิธีสอนและเนื้อหา (Pedagogical Content Knowledge: PCK) ชูลแมน (L. S. Shulman, 1986) ได้เสนอว่าความรู้ด้านนี้ เป็นความรู้ของครูเกี่ยวกับการเลือกใช้เทคนิคหรือวิธีการที่เหมาะสมในการนำเสนอเนื้อหา เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียนได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้รวมไปถึง ความเข้าใจถึงการลำดับเนื้อหาในบทเรียน การตระหนักถึงความรู้เดิมของนักเรียน และการหาวิธีแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนก่อนได้รับการเรียนรู้

2. ความรู้ในการบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีและเนื้อหา (Technological Content Knowledge: TCK) เป็นความรู้เกี่ยวกับการเลือกใช้คุณลักษณะของเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับบริบทของเนื้อหา เนื่องจากแต่ละเทคโนโลยีต่างมีคุณลักษณะในการนำเสนอที่แตกต่างกัน เช่น ในด้านคณิตศาสตร์ ครูที่มีความรู้ด้านนี้ สามารถตระหนักได้ว่า โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการสอนเรขาคณิต เนื่องจากโปรแกรมนี้ สามารถช่วยให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิต รวมไปถึงการค้นหาแนวทางการพิสูจน์ทางเรขาคณิตได้

3. ความรู้ในการบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีและวิธีสอน (Technological Pedagogical Knowledge: TPK) เป็นความรู้เกี่ยวกับการมีอยู่ องค์ประกอบ และความสามารถของเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่นำไปใช้ในการจัดการเรียนการรสอนในชั้นเรียน กล่าวคือ สามารถตระหนักได้ว่า การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการจัดการเรียนสอนจากรูปแบบเดิมได้อย่างไร ทั้งนี้รวมไปถึง ความสามารถในการนำวิธีสอนร่วมกับเทคโนโลยีในการกระตุ้น สร้างความน่าสนใจในบทเรียน ความรู้เกี่ยวกับการเลือกเครื่องมือมาใช้ให้เหมาะสมกับกลยุทธ์ในการสอน หรือสภาพแวดล้อมของชั้นเรียน

จากการศึกษาแนวคิดข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบของ TPACK ประกอบด้วยความรู้ 3 ด้านหลัก ได้แก่

1. ความรู้ด้านเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้และคุณสมบัติของเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

2. ความรู้ด้านวิธีสอน หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีทางการศึกษาของครู ซึ่งพิจารณาจากองค์ประกอบของความรู้ในด้านหลักสูตร วิธีการสอน การเรียนรู้ของนักเรียน และการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

3. ความรู้ด้านเนื้อหา หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ซึ่งความรู้ทั้ง 3 ด้านนี้ ต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และลักษณะของครูที่มี TPACK นั้น จะต้องมีความสามารถในการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้านนี้ได้เป็นอย่างดี

2.4 แนวทางการเสริมสร้าง TPACK

มีนักการศึกษากล่าวถึงแนวทางการเสริมสร้าง TPACK ไว้ดังนี้

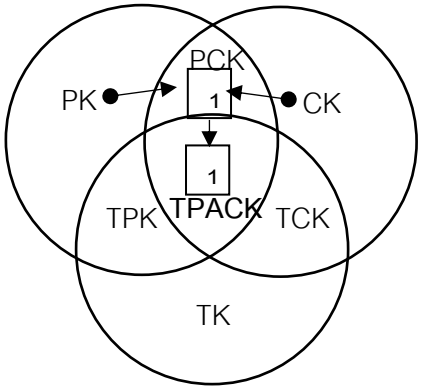
โคเลอร์ และคนอื่น ๆ (Matthew J. Koehler, Mishra, Kereluik, Shin, & Graham, 2014) ได้เสนอแนวทางในการเสริมสร้าง TPACK ไว้ 3 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 จาก PCK สู่ TPACK ในแนวทางนี้ เทคโนโลยีจะถูกมองว่าเป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน การพัฒนา TPACK ตามแนวทางนี้เหมาะสำหรับการฝึกอบรมครูหรือนิสิตครูที่มีความรู้ด้านเนื้อหาและวิธีสอนมาแล้ว แต่ยังไม่สามารถบูรณาการการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาวิชาเฉพาะและเลือกใช้วิธีสอนได้อย่างเหมาะสมเท่าที่ควร

แนวทางที่ 2 จาก TPK สู่ TPACK แนวทางนี้ได้ถูกนำไปใช้สำหรับการพัฒนานิสิตครูที่ยังไม่ได้เรียนในวิชาเฉพาะ เช่น นิสิตครูที่ได้เรียนเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนการสอนโดยทั่วไป แต่ยังไม่ได้เรียนในรายวิชาเฉพาะ หรือยังไม่มีประสบการณ์ในการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาของตน

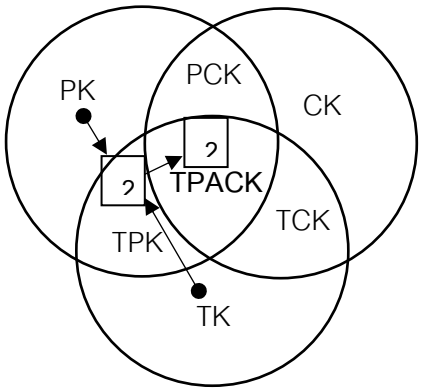
แนวทางที่ 3 การพัฒนา PCK และ TPACK ไปพร้อม ๆ กัน แนวทางนี้เปรียบเสมือนการเปลี่ยนรูปแบบหรือหลักสูตรการฝึกหัดครู กล่าวคือ แนวทางนี้จะเน้นการบูรณาการอย่างเป็นระบบของการนำเทคโนโลยีไปใช้สนับสนุนกับวิธีการจัดการเรียนการสอนของแต่ละเนื้อหาวิชาเฉพาะ ตัวอย่างเช่น หลักสูตรในการฝึกหัดครูที่ยึดตามแนวทางนี้อาจไม่มีวิชาการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนโดยเฉพาะ แต่ในแต่ละวิชาเฉพาะจะมีการสอดแทรกการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการสอนสำหรับองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับรายวิชานั้น ๆ ดังนั้น นิสิตครูที่ได้รับการศึกษาผ่านแนวทางนี้ จะสามารถพัฒนา PCK จากการเรียนในแต่ละวิชาเฉพาะ และ TPACK จากการสอดแทรกเทคโนโลยีไปพร้อม ๆ กัน

จากทั้ง 3 แนวทางที่กล่าวมา สามารถสรุปเป็นแผนภาพการจัดการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้าง TPACK แต่ละแนวทางได้ดังนี้



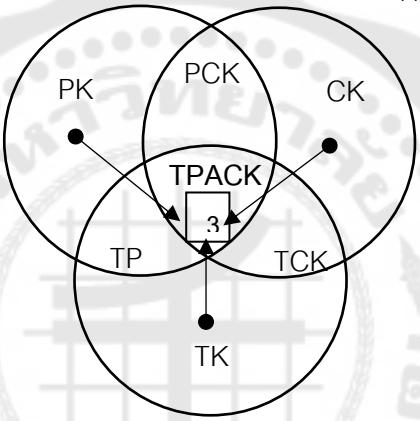
แนวทางที่ 1

จาก PCK สู่ TPACK



แนวทางที่ 2

จาก TPK สู่ TPACK



แนวทางที่ 3 การพัฒนา PCK และ TPACK พร้อม ๆ กัน

ภาพประกอบ 4 แนวทางการพัฒนา TPACK

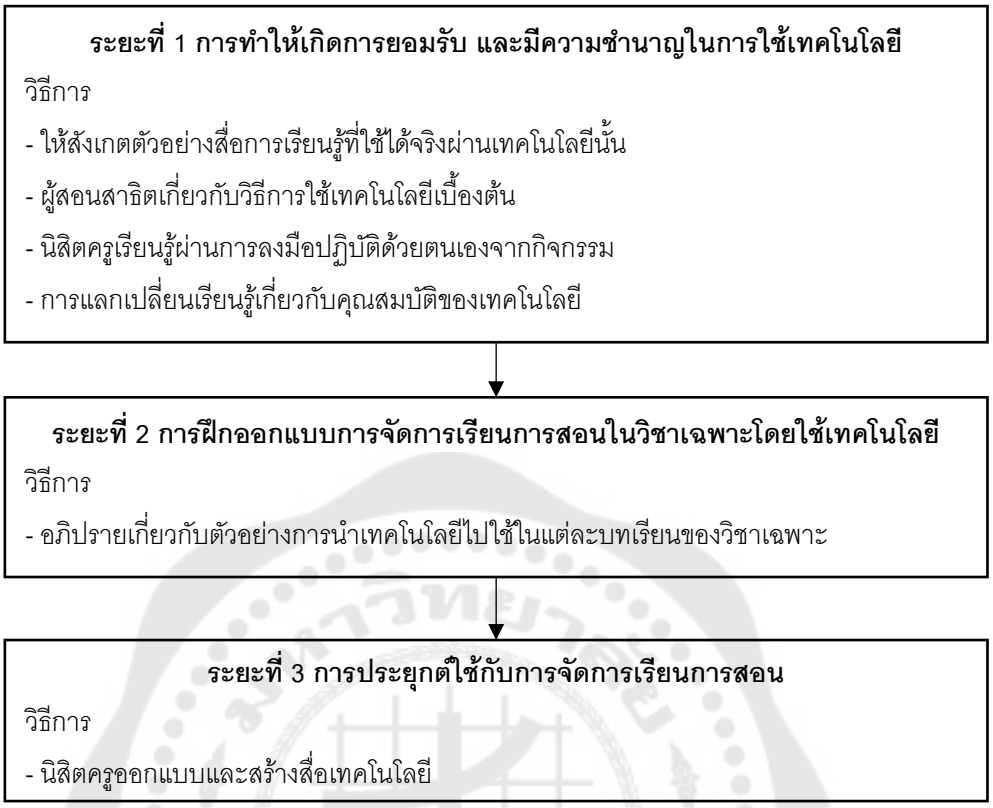
โกห์ และดิวาฮาราน (Koh & Divaharan, 2011) ได้ใช้กรอบแนวคิด 5 ระดับขั้นของพัฒนาการ TPACK ของครูคณิตศาสตร์ ของนีส และคนอื่น ๆ (Niess et al., 2009) และได้พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูที่ได้เรียนในเนื้อหาวิชาเฉพาะและการสอนแล้ว โดยแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การทำให้เกิดการยอมรับ (Foster Acceptance) ในระยะนี้นิสิตครูได้ทำความรู้จักกับเทคโนโลยีใหม่ที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยเริ่มจากการทำให้นิสิตครูยอมรับก่อนว่า เทคโนโลยีที่จะนำมาใช้นี้ สามารถนำไปใช้ร่วมกับวิธีสอน หรือนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ ซึ่งอาจทำได้โดยให้นิสิตครูได้เห็นตัวอย่างของสื่อเทคโนโลยีที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้จริง

ระยะที่ 2 การทำให้มีความชำนาญในการใช้เทคโนโลยี และการฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี (Technological Proficiency and Pedagogical Modeling) ในระยะนี้ควรฝึกฝนให้นิสิตครูมีความคล่องแคล่ว และชำนาญในการใช้เทคโนโลยีที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ก่อนที่จะให้นิสิตครูได้ฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี ผ่านสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ เนื่องจากถึงแม้ครูจะมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนมากเพียงใด แต่ครูที่มีประสบการณ์จะไม่สามารถจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากครูขาดความชำนาญที่เพียงพอในการใช้เทคโนโลยี (Pierson, 2001) สำหรับแนวทางในการสอนการใช้เทคโนโลยีในการสอนสำหรับนิสิตครูในขั้นนี้ โกห์ และฟริก (Koh & Frick, 2009) ได้ทำการวิจัยและพบว่า นิสิตครูจะมีแรงบันดาลใจในการพัฒนาทักษะทางคอมพิวเตอร์มากขึ้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบสาธิตการสร้างสื่อโดยผู้สอน ผสมกับการลงมือปฏิบัติผ่านกิจกรรมโดยมีผู้สอนคอยให้คำแนะนำ ดังนั้นในระยะที่ 2 ของการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนา TPACK นี้ จึงควรจัดการเรียนการสอนโดยมีทั้งการสาธิตตัวอย่างการใช้เทคโนโลยีกับเนื้อหาต่าง ๆ แล้วให้นิสิตครูทำตามตัวอย่าง และการให้นิสิตครูฝึกปฏิบัติผ่านกิจกรรมการใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีที่ได้เรียนรู้มาแล้ว ในการสร้างสื่อผ่านสถานการณ์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง

ระยะที่ 3 การประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอน (Pedagogical Application) ในระยะนี้นิสิตครูมีโอกาสในการฝึกประสบการณ์ การเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของ TPACK ผ่านการฝึกปฏิบัติการสร้างสื่อบูรณาการระหว่างวิธีสอนกับเทคโนโลยี ในเนื้อหาวิชาเฉพาะที่กำหนดให้

จากทั้ง 3 ระยะนี้ โกห์ และดิวาฮาราน (Koh & Divaharan, 2011) ได้ทดลองนำไปใช้และปรับปรุงจนได้แผนภาพของรูปแบบการสอนเพื่อเสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูที่ปรับปรุงแล้วดังนี้



ภาพประกอบ 5 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูที่ปรับปรุงแล้ว ของโกห์ และดิวาฮาราน

ที่มา: Koh and Divaharan (2011). Developing Pre-Service Teachers' Technology Integration Expertise Through the TPACK-Developing Instructional Model

สำหรับงานวิจัยนี้ นิสิตครูกลุ่มเป้าหมายถือว่าเป็นผู้ที่มีความรู้ด้านวิธีสอนและเนื้อหาจากการเรียนและสอบผ่านรายวิชาในหลักสูตรมาแล้ว แต่ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี อีกทั้งในงานวิจัยนี้ เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ดังนั้นในการกำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงสังเคราะห์แนวคิดการจัดการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี (Akkaya, 2016; Koh & Frick, 2009; Shafer, 2004; Zhang & Kou, 2012) แนวคิดการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (Astafieva et al., 2021; Chan, 2010; Zhang & Kou, 2012) แนวคิดการจัดการเรียนการสอนที่เสริมสร้าง TPACK โดยใช้แนวทางจาก PCK สู่ TPACK (Matthew J. Koehler et al., 2014) และแนวคิดของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูที่ปรับปรุงแล้วของ

โกห์ และดิวาฮาราน (Koh & Divaharan, 2011) แล้วปรับให้เข้ากับบริบทของลักษณะของเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ คือ โปรแกรม GeoGebra ทำให้สามารถสรุประยะในการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนได้ดังนี้

ระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อทำให้นิสิตครูมีความรู้ในการใช้โปรแกรม GeoGebra การจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ นิสิตครูจะได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra เบื้องต้นจากการลงมือปฏิบัติตามการสาธิตโดยผู้วิจัย และจากการร่วมกันศึกษาเป็นรายกลุ่มผ่านบทเรียนที่ผู้วิจัยเรียบเรียงบนเว็บไซต์ GeoGebra Classroom เมื่อนิสิตครูเรียนรู้การใช้เครื่องมือในแต่ละคาบเรียนแล้ว ในคาบเรียนถัดไปนิสิตครูจะได้ทบทวนและฝึกฝนการใช้เครื่องที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว ผ่านกิจกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์บนโปรแกรม GeoGebra Classic

ระยะที่ 2 การทำให้เกิดการยอมรับ มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อให้นิสิตครูเกิดการยอมรับการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านการจัดการเรียนการสอนที่เสริมสร้างให้นิสิตครูเห็นถึงการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษาและตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม GeoGebra

ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อให้นิสิตครูเห็นถึงแนวทางในการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษากับวิธีการและเทคนิคการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม การจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ นิสิตครูจะได้ร่วมกันศึกษาและนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน วิธีการและเทคนิคในการสร้างสื่อการเรียนรู้หรือข้อคำถามเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ และแนวทางในการนำชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ไปใช้จัดการเรียนการสอนหรือวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นเรียนตามแนวคิดทางการศึกษาได้อย่างเหมาะสม

ระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกประสบการณ์เบื้องต้นในการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา ผ่านการออกแบบการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra การจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ นิสิตครูจะได้ออกแบบชิ้นงานจากโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ใน

การจัดการเรียนการสอนและวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนในหัวข้อที่สนใจ เมื่อนิสิตครูได้ออกแบบชิ้นงานแล้ว ผู้วิจัยให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้นิสิตครูเห็นแนวทางในการออกแบบชิ้นงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.5 แนวทางในการวัดและประเมินผล TPACK

จากการศึกษาแนวทางในการวัดและประเมินผล TPACK พบว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวถึงไว้ดังนี้

นีส และคนอื่น ๆ (Niess et al., 2009) กล่าวถึง ตัวชี้วัดของครูคณิตศาสตร์ด้าน TPACK ไว้ดังนี้

1. มีความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ในด้านของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

2. มีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้เทคโนโลยี

3. มีความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร และสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อนำมาจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรได้อย่างเหมาะสม

4. มีความรู้เกี่ยวกับการเลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับใช้เทคโนโลยีนั้น ๆ

นอกจากนี้ นีส และคนอื่น ๆ ได้แบ่งระดับพัฒนาการ TPACK ของครูคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ด้าน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านหลักสูตรและการวัดผล ประกอบด้วย
   - หลักสูตร และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง
   - วิธีการวัดผลการเรียนรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
2. ด้านการเรียนรู้ ประกอบด้วย
   - กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนในเนื้อหาคณิตศาสตร์ต่าง ๆ
   - การอธิบายว่านักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ หรือการคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างไรในกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น
3. ด้านการสอน ประกอบด้วย
   - การเลือกใช้วิธีสอนคณิตศาสตร์ในเนื้อหาต่าง ๆ
   - การจัดการสภาพแวดล้อมในชั้นเรียน
   - การพัฒนาวิชาชีพครู

4. ด้านการเข้าถึง ประกอบด้วย

- การใช้งาน พิจารณาจากการจัดกิจกรรมที่อนุญาตให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยี

- อุปสรรค พิจารณาจากวิธีจัดการอุปสรรคการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน

- ความสามารถในการใช้งาน พิจารณาจากการใช้เทคโนโลยีว่าสามารถทำให้เกิดการคิดทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง และตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลในชั้นเรียนได้อย่างไร

มุดซิมิริ (Mudzimiri, 2012) ได้ทำการศึกษาพัฒนาการ TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้านดังนี้

1. ด้านมโนทัศน์เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายในการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ พิจารณาจากการกำหนดบทบาทของเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนของนิสิตครู

2. ด้านความรู้เกี่ยวกับความเข้าใจ การคิด และกระบวนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนที่มีการใช้เทคโนโลยี พิจารณาจากบทบาทของนักเรียนในชั้นเรียนว่ามีความเกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด

3. ด้านความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร และการบูรณาการเทคโนโลยีกับเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องต่าง ๆ พิจารณาจากความหลากหลายของเนื้อหาสาระที่นิสิตครูสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีได้

4. ด้านความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์ในการสอน และการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยี พิจารณาจาก การเลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับธรรมชาติของเทคโนโลยี ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาและสร้างความรู้ด้วยตนเองได้

โคเลอร์ และคนอื่น ๆ (Matthew J. Koehler et al., 2014) ได้ยกตัวอย่างและแนวทางของการใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ TPACK ไว้ดังนี้

1. การใช้แบบรายงานตนเอง (Self-Report Measures) มีลักษณะเป็นการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ประเมินระดับคะแนนของตนเอง ผ่านข้อคำถามที่สอบถามเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี และการสอน ตัวอย่างเช่น แบบสอบถามนิสิตครูเกี่ยวกับความรู้ในการสอนและเทคโนโลยี ซึ่งประกอบไปด้วย 75 ข้อคำถาม ซึ่งถูกจัดเป็นหมวดหมู่ให้สอดคล้องกับองค์ประกอบของ TPACK ทั้ง 7 ด้าน และแต่ละข้อคำถามใช้มาตรวัดแบบ Likert Scale 5 ระดับ ได้แก่

1) ไม่เห็นด้วยอย่างมาก 2) ไม่เห็นด้วย 3) เฉย ๆ 4) เห็นด้วย และ 5) เห็นด้วยอย่างมาก (Schmidt et al., 2009)

2. การใช้แบบสอบถามปลายเปิด (Open-Ended Questionnaires) พบว่ามีตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้แบบสอบถามสำหรับนิสิตครู หรือครูในโรงเรียนเท่านั้น ซึ่งคำถามในแบบสอบถามปลายเปิดจะให้ผู้ตอบแบบสอบถามเขียนเกี่ยวกับประสบการณ์ในภาพรวมเกี่ยวกับการเข้าชั้นเรียนหรืออบรม ที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีทางการศึกษา หรือการอบรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา TPACK ตัวอย่างข้อคำถามในรูปแบบสอบถามปลายเปิดจากงานวิจัยของโซ และคิม (So & Kim, 2009) เช่น “ท่านคิดว่า จุดเด่นและข้อจำกัดของการบูรณาการการใช้เทคโนโลยี กับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีอะไรบ้าง”

3. การใช้การทดสอบ (Performance Assessments) แบบทดสอบนี้ใช้วัดความรู้เกี่ยวกับ TPACK ของกลุ่มเป้าหมายโดยตรง โดยข้อคำถามจะเป็นการให้กลุ่มเป้าหมายออกแบบการจัดการเรียนการสอน เช่น การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ การสร้างแฟ้มสะสมผลงาน หรือการเขียนบันทึกไตร่ตรอง และนอกจากนี้อาจมีข้อคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนที่มีความซับซ้อน ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบมีดังต่อไปนี้

งานวิจัยของ เกรแฮม ทริปป์ และเวนเวิร์ต (Graham, Tripp, & Wentworth, 2009) มีข้อคำถามว่า “จงอธิบายว่า ท่านสามารถส่งเสริมความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนโดยการใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยี (เช่น โปรแกรมประมวลผลคำ โปรแกรมตารางการคำนวณ โปรแกรมการนำเสนอ อินเทอร์เน็ต และแบบจำลอง เป็นต้น) ได้อย่างไร และเทคโนโลยีที่ท่านนำมาใช้นั้น นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อการเรียนรู้ และช่วยส่งเสริมการคิดระดับสูงของนักเรียนได้อย่างไร” สำหรับข้อคำถามนี้ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ตาราง 1 เกณฑ์การให้คะแนนของข้อคำถามตัวอย่างในงานวิจัยของเกรแฮม ทริปป์ และเวนเวิร์ต

คะแนน	พฤติกรรมที่แสดงออก
5	นิสิตครูสามารถยกตัวอย่างกิจกรรม ที่ต้องใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนได้ และการนำเทคโนโลยีมาใช้นั้น สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการใช้การคิดระดับสูงได้
3 – 4	นิสิตครูสามารถยกตัวอย่างกิจกรรม ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เทคโนโลยีช่วยให้สามารถดำเนินกิจกรรมได้ง่ายขึ้น หรือ อธิบายเหตุผลอย่างชัดเจนว่า เพราะเหตุใดกิจกรรมที่ยกตัวอย่างจึงไม่ใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน
1 – 2	นิสิตครูยกตัวอย่างกิจกรรมที่เทคโนโลยีมีบทบาทในการนำเสนอหน้าชั้นเรียนเท่านั้น หรือให้เหตุผลไม่ชัดเจนในการไม่ใช้เทคโนโลยีในการกิจกรรม
0	กิจกรรมที่นิสิตครูยกตัวอย่าง มีการเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างไม่เหมาะสม

งานวิจัยของ เคเรลูอิก แคสเพอร์สัน และอักคาโอกลู (Kereluik, Casperson, & Akcaoglu, 2010) ได้กำหนดคุณลักษณะของแผนการจัดการเรียนรู้ของครูที่มี TPACK ไว้ดังนี้

- เทคโนโลยีในแผนการจัดการเรียนรู้ของครูที่มี TPACK ไม่ใช่การใช้เทคโนโลยีเพียงอย่างเดียวเท่านั้น (T) แต่หากเทคโนโลยีนั้นจะต้องมีการเลือกใช้อย่างเหมาะสมว่าเป็นเทคโนโลยีสำหรับครู และ/หรือ เทคโนโลยีสำหรับนักเรียน (TP) และต้องเลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับการนำเสนอเนื้อหาในบทเรียน (TC)

- มีการระบุวิธีสอนแบบต่าง ๆ ไว้ (P) รวมถึงการวัดผลและประเมินผลการจัดการและบริหารชั้นเรียน เช่นเดียวกับการตัดสินใจเลือกวิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา (PC)

- แผนการจัดการเรียนรู้ของครูที่มี TPACK จะต้องเป็นการผสมผสานกันระหว่างเทคโนโลยี วิธีสอน และเนื้อหา อย่างเหมาะสม (TPACK)

4. การใช้แบบสัมภาษณ์ (Interviews) คำถามของแบบสัมภาษณ์จะเน้นการถามเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของ TPACK ในตัวของนิสิตครูหรือครูในโรงเรียน ตัวอย่างของข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์ เช่น งานวิจัยของ ออสกัน โกคา (Ozgun-Koca, 2009) มีข้อคำถามให้อธิบายเกี่ยวกับข้อดีและข้อจำกัดของการใช้เครื่องคำนวณในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และอธิบายผลกระทบของการใช้เครื่องคำนวณต่อกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนและสภาพแวดล้อมในชั้นเรียน และงานวิจัยของคิวราโอกลู และคนอื่น ๆ (Curaoglu, Bu, Dickey,

Kim, & Cakir, 2010) ซึ่งมีตัวอย่างของข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์ เช่น “ท่านสามารถนำเครื่องคำนวณเชิงกราฟไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนได้อย่างไรบ้าง และการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟก่อให้เกิดประโยชน์หรือผลกระทบอย่างไรบ้าง” นอกจากนี้ระหว่างการสัมภาษณ์ยังมีการวัดและประเมินผลความรู้ด้านเนื้อหาของนิสิตครูผ่านการอภิปรายเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์

5. การสังเกต (Observations) โดยสังเกตพฤติกรรมขณะที่กลุ่มเป้าหมายกำลังทำกิจกรรมเพื่อพัฒนา TPACK ตัวอย่างของการสังเกต เช่น งานวิจัยของ ซูฮาร์โวโต (Suharwoto, 2006) ได้ทำการบันทึกวิดีทัศน์การสอนของนิสิตครู เพื่อดูว่านิสิตครูสามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างไรบ้าง แล้วนักวิจัยทำการถอดรหัสของพฤติกรรมที่นิสิตครูแสดงออกโดยการเปรียบเทียบกับกรอบแนวคิดของ TPACK

การากายา (Karakaya, 2017) ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนการบูรณาการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนไว้ดังนี้

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนการบูรณาการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนของการากายา

หลักเกณฑ์	4	3	2	1
เป้าหมายของหลักสูตร และเทคโนโลยี (TCK)	เทคโนโลยีที่ถูกใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้สามารถทำให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของหลักสูตรได้เป็นอย่างยิ่ง	เทคโนโลยีที่ถูกใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้สามารถทำให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของหลักสูตรได้	เทคโนโลยีที่ถูกใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้สามารถทำให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามหลักสูตรได้บางส่วน	เทคโนโลยีที่ถูกใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ไม่สามารถทำให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามหลักสูตร
วิธีสอน และเทคโนโลยี (TPK)	เทคโนโลยีที่ถูกใช้สามารถสนับสนุนวิธีสอนได้อย่างเหมาะสมที่สุด	เทคโนโลยีที่ถูกใช้สามารถสนับสนุนวิธีสอนได้	เทคโนโลยีที่ถูกใช้สามารถสนับสนุนวิธีสอนได้เล็กน้อย	เทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ไม่สามารถสนับสนุนวิธีสอน

ตาราง 2 (ต่อ)

หลักเกณฑ์	4	3	2	1
การเลือกใช้เทคโนโลยี (TPACK)	การเลือกใช้เทคโนโลยีมีความเป็นแบบอย่างให้กับเป้าหมายของหลักสูตร และวิธีสอน	การเลือกใช้เทคโนโลยีมีความเหมาะสมแต่ไม่เป็นแบบอย่างให้กับเป้าหมายของหลักสูตร และวิธีสอน	การเลือกใช้เทคโนโลยีมีความเหมาะสมกับเป้าหมายของหลักสูตรและวิธีสอน	การเลือกใช้เทคโนโลยีไม่มีความเหมาะสมกับเป้าหมายของหลักสูตรและวิธีสอน
ความเข้ากันได้ (TPACK)	เนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยีมีความเข้ากันได้เป็นอย่างยิ่งในแผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยีมีความเข้ากันได้ในแผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยีมีความเข้ากันได้เป็นบางส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยีไม่มีความเข้ากันในแผนการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาข้างต้น พบว่า การวัดและประเมินผล TPACK มีวิธีการที่หลากหลาย ซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทของงานวิจัยที่กำลังศึกษา สำหรับบริบทของการศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษากับกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นนิสิตครูชั้นปีที่ 4 ก่อนออกฝึกสอน ที่มีการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นิสิตครูสามารถฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ทำให้ได้แนวทางในการวัดและประเมินผล TPACK ของนิสิตครู โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้านดังนี้

1. **ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา** เป็นความสามารถของนิสิตครูในการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

2. **ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน** เป็นความสามารถของนิสิตครูในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

1) มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ได้ชัดเจน

2) เนื้อหาสาระในสื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3) สื่อการเรียนรู้มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ มีลักษณะที่สามารถทำให้นักเรียนได้สำรวจหรือสังเกตองค์ประกอบในสื่อการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้

4) มีการระบุบทบาทของการใช้สื่อ และข้อคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างชัดเจนในแผนการจัดการเรียนรู้

3. ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เป็นความสามารถของนิสิตครูในการนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้

สำหรับการวัดและประเมินผล TPACK ของนิสิตครูจะวัดและประเมินผลจากผลการทำงานของนิสิตครูหรือเครื่องมือต่อไปนี้

1. งานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ และชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน และวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนิสิตครู

2. แบบสัมภาษณ์ TPACK ของนิสิตครู เป็นแบบสัมภาษณ์โดยใช้งานเป็นฐาน (Task-Based Interview) ซึ่งประกอบด้วยคำถาม 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) คำถามหลัก (Main Questions) เป็นคำถามที่ใช้เปิดประเด็น 2) คำถามเพื่อขอรายละเอียดและความชัดเจน (Probes) ใช้สำหรับกรณีที่คำตอบจากการสัมภาษณ์หลักยังไม่ชัดเจนเพียงพอ หรือผู้สัมภาษณ์อาจมีประเด็นเพิ่มเติม ผู้สัมภาษณ์อาจกระตุ้นให้นิสิตครูที่ถูกสัมภาษณ์แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือช่วยอธิบายให้ละเอียดอีกครั้ง และ 3) คำถามเพื่อตามประเด็น (Follow-up Questions) เป็นคำถามที่มุ่งจะเพิ่มข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่สัมภาษณ์ให้ลึกลงไป และคำถามที่ผู้สัมภาษณ์คิดขึ้นในขณะที่สัมภาษณ์อยู่ โดยแนวคำถามทั้งสามประเภทจะมีลักษณะยืดหยุ่นไปตามสถานการณ์ ไม่ตายตัว และในขณะที่สัมภาษณ์ ผู้วิจัยมีการบันทึกประเด็นสำคัญต่าง ๆ ไว้ในแบบบันทึกของผู้วิจัย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ TPACK

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ TPACK ซึ่งพบว่ามีงานวิจัยดังต่อไปนี้

งานวิจัยในประเทศ

ลิลลา อดุลยศาสน์ และสุภา ยุธิกุล (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวัดระดับ TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับ TPACK ของครูคณิตศาสตร์ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่สังกัดในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาและสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชนในเขตพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบ 2 ขั้น (Two-stage sampling) จำนวนทั้งสิ้น 210 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามเพื่อวัดระดับ TPACK และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับ TPACK ของครูกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยระดับ TPACK ในภาพรวมพบว่า ครูผู้ตอบแบบสอบถามมีความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) ด้านวิธีสอน (PK) การบูรณาการด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอน (TPK) และการบูรณาการด้านวิธีสอนกับเนื้อหา (PCK) ในระดับมาก และมีความรู้ด้านเนื้อหา (CK) การบูรณาการด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา (TCK) และการบูรณาการด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา (TPACK) ในระดับปานกลาง สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูคณิตศาสตร์ สามารถแสดงสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y} = 0.565C + 0.319D$ โดยที่ C หมายถึง ปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะบุคคล และ D หมายถึง ปัจจัยส่วนตัวและปัจจัยในองค์กร และสมการพยากรณ์มีค่าประสิทธิภาพในการทำนาย (R Square) เท่ากับ 0.872

กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์ และคนอื่น ๆ (2560) ได้ทำการศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะและการปฏิบัติการสอนของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา กลุ่มเป้าหมายเป็นครูที่ปฏิบัติการสอนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาที่เปิดระดับการศึกษาภาคบังคับ (ชั้น ป.1 - ม.3) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาแห่งหนึ่งในภาคกลางที่มีความสมัครใจจำนวน 6 คน โดยเป็นครูจาก 3 โรงเรียน โรงเรียนละ 2 คน ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเพียง 3 องค์ประกอบของ TPACK เท่านั้น ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา (CK) ความรู้ด้านการบูรณาการความรู้ด้านวิธีสอนกับเนื้อหา (PCK) และความรู้ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี วิธีสอน และเนื้อหา (TPACK) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แบบสัมภาษณ์การรับรู้ระดับความสามารถและสภาพการปฏิบัติเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของ

ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 2) แบบวัดการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 3) แบบบันทึกข้อมูลสังเกตการสอน และ 4) แบบวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า 1) ในด้านการรับรู้ความรู้ด้านเนื้อหา (CK) พบว่า ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่เป็นกลุ่มเป้าหมายรับรู้ว่าตนเองไม่ประสบปัญหาในด้านเนื้อหาสาระและไม่ต้องการได้รับการพัฒนาจำนวน 2 คน และรับรู้ว่าตนเองประสบปัญหาในด้านเนื้อหาสาระและต้องการได้รับการพัฒนา จำนวน 4 คน 2) ในการรับรู้ความรู้ด้านการบูรณาการความรู้ด้านวิธีสอนกับเนื้อหา (PCK) พบว่า ครูกลุ่มเป้าหมายจำนวน 2 คน สามารถระบุสาระสำคัญและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ แต่ไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับคุณลักษณะเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้ 3) ในการรับรู้ความรู้ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี วิธีสอน และเนื้อหา (TPACK) พบว่า ครูกลุ่มเป้าหมายทั้ง 6 คน รับรู้ว่าเทคโนโลยีมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ซึ่งจะช่วยให้เนื้อหาที่ยากต่อความเข้าใจ สร้างความสนใจในการเรียน ตลอดจนช่วยพัฒนาความรู้ ทักษะและเจตคติทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้

ลิลลา อดุลยศาสน์ (2561) ได้ทำการศึกษาผลของการพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จำนวน 3 คน และนักเรียนที่นักศึกษาครูรับผิดชอบสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู จำนวน 6 กลุ่ม (192 คน) ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อวิเคราะห์ระดับ TPACK ของนักศึกษาครูตามเกณฑ์ของตัวแบบการพัฒนา TPACK (TPACK Developmental Model) และใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า มีนักศึกษาครูจำนวน 2 คน ที่มีระดับ TPACK อยู่ในระดับที่ 4 การสำรวจ (Exploring) และอีก 1 คน มีระดับ TPACK อยู่ในระดับที่ 5 การพัฒนา (Advancing) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี และเมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

กรวุฒิ แผนพรหม และคนอื่น ๆ (2564) ได้ทำการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบทีแพค-สะเต็ม กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยในประเทศไทย ปีการศึกษา 2563 จำนวน 310 คน ที่เป็นผู้ยินยอมให้ข้อมูลในการวิจัย โดยใช้การสุ่มแบบหลายขั้นตอน ผลการวิจัยพบว่า เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ที่สร้างขึ้น เป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ มีโครงสร้างหลักเป็น T-STEM P-STEM และ C-STEM ซึ่งสร้างขึ้นมาจากการบูรณาการลักษณะของความรู้แต่ละด้านตามกรอบแนวคิด TPACK กับกรอบแนวคิด STEM โดยมีผลการตรวจสอบความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น และค่าอำนาจจำแนกเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

งานวิจัยต่างประเทศ

ซูฮาร์โวโต (Suharwoto, 2006) ได้ทำการศึกษาการพัฒนา TPACK ในการสอนคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีจากนิสิตครูคณิตศาสตร์ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 3 คน โดยติดตามพฤติกรรมและพัฒนาการของนิสิตครูขณะศึกษาในหลักสูตรเป็นระยะเวลา 2 ปี เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบสอบถาม แบบสังเกต แบบรายงานการทำกิจกรรมในชั้นเรียน แบบสัมภาษณ์ และเอกสารชิ้นงานต่าง ๆ จากการเรียนในวิชาเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ผลการวิจัยพบว่า นิสิตครูให้ความเห็นว่าการจัดรายวิชาเรียนในหลักสูตรเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการช่วยให้นิสิตครูได้ความรู้ในด้านเทคโนโลยี เนื้อหา และวิธีสอน ซึ่งการออกแบบรายวิชาเรียนในหลักสูตรวิชาชีพครูและวิชาเอกนี้จะช่วยให้นิสิตครูได้แนวคิดเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน ช่วยให้นิสิตครูได้มีประสบการณ์กับการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น โปรแกรมตารางการทำงาน โปรแกรม The Geometer's Sketchpad โปรแกรม IMovie เครื่องคำนวณและการประยุกต์อื่น ๆ รวมไปถึงการใช้งานเว็บไซต์เพื่อการเรียนการสอน เป็นต้น

คิวราโอกลู และคนอื่น ๆ (Curaoglu et al., 2010) ได้ทำการศึกษา กรณีศึกษาเกี่ยวกับ TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ที่ได้เริ่มใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ TI-Nspire กลุ่มเป้าหมายเป็นนิสิตครูที่ลงทะเบียนรายวิชาการใช้เทคโนโลยีในการสอนคณิตศาสตร์ในฤดูใบไม้ร่วง ปี ค.ศ. 2007 จำนวน 23 คน และฤดูใบไม้ผลิ ปี ค.ศ. 2008 จำนวน 12 คน กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการเลือกหัวข้อทางคณิตศาสตร์ได้แก่ ทฤษฎีจำนวน ความรู้เกี่ยวกับการเงิน ตรีโกณมิติ สถิติ และฟิสิกส์ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการกับการใช้เทคโนโลยี

เครื่องคำนวณเชิงกราฟ TI-Nspire กับกลุ่มเป้าหมาย หลังจากกลุ่มเป้าหมายได้รับการจัดการเรียนการสอนจากกลุ่มผู้วิจัยแล้ว กลุ่มเป้าหมายได้รับมอบหมายให้ทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการเนื้อหาคณิตศาสตร์กับการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ TI-Nspire และกลุ่มผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม จากการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายต่อไป ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มเป้าหมายให้ความเห็นว่า 1) เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่จะช่วยกระตุ้นและส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ได้ 2) การใช้เทคโนโลยีใหม่เป็นเรื่องท้าทายสำหรับนักศึกษาครูในด้านการปรับเปลี่ยนวิธีการสอนจากแบบดั้งเดิม เช่น การใช้ตำราประกอบการบรรยายไปสู่การเริ่มเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ 3) การใช้เทคโนโลยีใหม่ประกอบการจัดการเรียนการสอนเป็นเรื่องท้าทายสำหรับนักศึกษาครู ในด้านการทำให้นักเรียนปรับมุมมองวิชาคณิตศาสตร์จากวิชาที่ใช้ดินสอและกระดาษในการแก้ปัญหาไปสู่การเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีในการแก้ปัญหา 4) การเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีใหม่ในการจัดการเรียนการสอน เป็นการเปิดโอกาสให้ครูได้กระตุ้นในการพัฒนาตนเองร่วมกับนักเรียนไปพร้อม ๆ กัน ในการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยี และ 5) ความเชื่อและประสบการณ์เดิมของกลุ่มเป้าหมายเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินวิธีการสอนและวิธีการวัดผลและประเมินผลของนักศึกษาครู

นีส และคนอื่น ๆ (Niess, Van Zee, & Gillow-Wiles, 2010) ได้ทำการศึกษาพัฒนาการของความรู้ในการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์โดยใช้โปรแกรมตารางงาน กรณีศึกษาการพัฒนาการจาก PCK สู่ TPACK ผ่านหลักสูตรการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ ความมุ่งหมายของการศึกษา ได้แก่ 1) เพื่อศึกษาความรู้ของครูเกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของครูโดยใช้โปรแกรมตารางการทำงาน 2) เพื่อศึกษาความรู้ของครูเกี่ยวกับวิธีสอนและการนำเสนอเนื้อหาต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์โดยใช้โปรแกรมตารางการทำงาน 3) เพื่อศึกษาความรู้ของครูเกี่ยวกับนักเรียนในด้านของความเข้าใจ การคิด และการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ผ่านโปรแกรมตารางการทำงาน 4) เพื่อศึกษาความรู้ของครูเกี่ยวกับหลักสูตรและสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์โดยใช้โปรแกรมตารางการทำงาน กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย เป็นครูสอนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 12 คน ที่ได้ลงทะเบียนเรียนระดับปริญญาโทแบบออนไลน์ในหลักสูตรที่เน้นการบูรณาการเทคโนโลยีกับการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบสังเกตการสอนของครูกลุ่มตัวอย่าง 2) ชิ้นงานที่ครูกลุ่มตัวอย่างได้ทำกิจกรรมในชั้นเรียนออนไลน์ และแฟ้มสะสมผลงานที่นำเสนอเกี่ยวกับวิธีสอน และการสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในการเรียนโดยใช้โปรแกรมตารางงาน

3) แบบบันทึกการอภิปรายในชั้นเรียนออนไลน์ของหลักสูตรที่ครูกลุ่มตัวอย่างได้เข้าร่วม และ 4) แบบบันทึกการสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของกลุ่มตัวอย่างในการใช้โปรแกรมตารางการทำงาน เพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน ผลการวิจัยในภาพรวมพบว่า หลักสูตรการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ ช่วยให้ครูกลุ่มตัวอย่างมีพัฒนาการด้านความรู้เกี่ยวกับการใช้ตารางงานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมตารางการทำงาน และหลังจากการศึกษาตามหลักสูตรออนไลน์ พบว่า ครูกลุ่มตัวอย่างมีพัฒนาการตามแนวคิด 5 ลำดับขั้นของพัฒนาการการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการระหว่างการใช้เทคโนโลยีกับการสอนและการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ในระดับที่ 3 – 5 คือ ระดับการปรับตัว ระดับการค้นหา และระดับก้าวหน้า

รีอาเลส (Riales, 2011) ได้ทำการศึกษาการพัฒนา TPACK ของครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา โดยใช้การพัฒนาบทเรียนร่วมกัน (Lesson Study) ที่มีเทคโนโลยีเป็นฐาน ความมุ่งหมายของการวิจัยได้แก่ 1) เพื่อศึกษาผลของการใช้การพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่เน้นการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ TI-84 และ TI-Navigator System ที่มีต่อ TPACK ของครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา 2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ตามแนวคิดพัฒนาการตามแนวคิด 5 ลำดับขั้นของพัฒนาการการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการระหว่างการใช้เทคโนโลยีกับการสอนและการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ กับระดับการศึกษาและประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีของกลุ่มเป้าหมาย และ 3) เพื่อศึกษาปัจจัยที่สนับสนุนครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในการรับรู้เกี่ยวกับความสำคัญของการพัฒนา TPACK เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบประเมินตนเองของครูเกี่ยวกับพัฒนาการอง TPACK 2) แบบสอบถามเกี่ยวกับประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีของครู และ 3) แบบการเขียนตอบแบบฉับพลัน (Writing prompts) ของกลุ่มเป้าหมาย หลังจากการทำกิจกรรมการพัฒนาบทเรียนร่วมกันในแต่ละระยะ รวมถึงครั้งสุดท้ายของการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า การใช้การพัฒนาบทเรียนร่วมกันที่มีเทคโนโลยีเป็นฐานทำให้ครูกลุ่มเป้าหมายมีพัฒนการตามแนวคิด 5 ลำดับขั้นของพัฒนาการการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการระหว่างการใช้เทคโนโลยีกับการสอนและการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

ตอนที่ 3 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดในการใช้โปรแกรม GeoGebra

ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นตัวแทนของความรู้ด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เนื่องจาก โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมที่ช่วยส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการปฏิสัมพันธ์ หรือการสำรวจและทดลองกับชิ้นงานในโปรแกรม จนทำให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าว เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้การคิดทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง และส่งเสริมให้นักเรียนได้เลือกใช้เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับการศึกษาในศตวรรษที่ 21 และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่ระบุถึงจุดเน้นให้นักเรียนได้มีสมรรถนะการใช้เทคโนโลยี และการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สำหรับการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในตอนนี้ จะกล่าวถึงแนวคิดทางการศึกษาในการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดขอบเขตของเนื้อหาในการพัฒนารูปแบบการสอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) เป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ไม่ใช่วิธีสอนหรือรูปแบบการสอนของครู แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์นี้เป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra แนวคิดหนึ่งเพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้โดยการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรม และสรุปความรู้ด้วยตนเองได้ สำหรับความหมายและลักษณะของแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ มีนักการศึกษากล่าวไว้ดังนี้

ฮายน์ (Hein, 1991) กล่าวว่า แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียนโดยนักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการเรียนรู้นั้นอาจเกิดขึ้นผ่านการเรียนรู้แบบรายบุคคลหรือปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่น

อันเดอร์ฮิลล์ (Underhill, 1991) กล่าวเพิ่มเติมจากฮายน์ โดยสรุปได้ว่า การทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์นั้น ครูสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยการออกแบบปัญหา หรือสื่อที่ทำให้นักเรียนเกิดความสงสัย (Curiosity) และเมื่อนักเรียนได้อภิปราย สำรวจ หรือมีปฏิสัมพันธ์กับการสื่อที่นำเสนอปัญหานั้น (Peer Interaction) จะทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) กับโครงสร้าง

ความรู้เดิม จากนั้นครูกระตุ้นใช้คำถามกระตุ้นที่เหมาะสมเพื่อให้นักเรียนได้พยายามปรับโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Restructuring) ผ่านกระบวนการสะท้อนคิด (Reflection) จนนำไปสู่ความคลี่คลายเพื่อให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่

แทม (Tam, 2000) ได้กล่าวถึง แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์โดยสรุปได้ดังประเด็นต่อไปนี้

1. แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เชื่อว่า ความรู้เป็นสิ่งที่เกิดจากการสร้างโดยตัวของนักเรียนเอง

2. กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จะเกิดขึ้นได้เมื่อการจัดการเรียนการสอนมีลักษณะเฉพาะ 2 อย่างต่อไปนี้

1) ปัญหาที่ดี กล่าวคือ ปัญหานั้นควรออกแบบให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาที่มีความหมายและซับซ้อน โดยปัญหานั้นจะต้องฝึกให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้เดิม ในการสืบเสาะ และค้นหา เพื่อให้ได้ข้อสรุปบางอย่าง จนสามารถนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองได้

2) ความร่วมมือ กล่าวคือ แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยอาจอยู่ในรูปแบบของการปฏิสัมพันธ์กับสื่อ การปฏิสัมพันธ์ผ่านการอภิปรายในกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้รวบรวมความรู้ ประสบการณ์จากสื่อการเรียนรู้ และสมาชิกในกลุ่ม เพื่อสรุปความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง

3. บทบาทของครูและนักเรียนในชั้นเรียนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ มีลักษณะที่ผู้วิจัยสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) บทบาทของครู ในฐานะของผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (Facilitator) หรือ ผู้แนะแนวทาง (Guide) โดยการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่อาจมีการใช้สื่อที่ทำให้นักเรียนเกิดปฏิสัมพันธ์ กระตุ้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติโดยใช้คำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมในการเชื่อมโยง เพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้

2) บทบาทของนักเรียน ในการมีปฏิสัมพันธ์ หรือลงมือปฏิบัติกับสื่อการเรียนรู้ เพื่อให้ได้รับประสบการณ์ อันนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยอาจลงมือปฏิบัติกิจกรรมเป็นรายกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ของสมาชิกในกลุ่ม แล้วสรุปรวบรวมนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ได้

กุลยา ตันติผลาชีวะ (2551) กล่าวว่า แนวคิดการสร้างความรู้ในตน หรือคอนสตรัคติวิซึม (Constructivism) เป็นกลุ่มแนวคิดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ที่เน้นการซึมซับ และเข้าใจ แล้วสร้างเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากกิจกรรมหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ได้รับ นอกจากนี้ยังกล่าวว่า หลักการของคอนสตรัคติวิสต์ เป็นดังนี้

1. เด็กจะต้องได้ปฏิบัติและได้คิด หรือ Active Learning ซึ่งหมายถึง เด็กได้ลงมือกระทำ หรือสัมผัสประสบการณ์การเรียนรู้โดยตรง

2. เด็กต้องมีความรู้เดิม และใช้ความรู้เดิมมาเป็นฐานของการเรียนรู้สิ่งใหม่ให้ก้าวหน้าหรือพัฒนา

3. การมีปฏิสัมพันธ์กับครูหรือกลุ่ม เป็นการสร้างการเรียนรู้ด้วยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการกระทำ โดยเฉพาะการเรียนรู้ร่วมกันกับกลุ่มเพื่อน จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ในตนที่สำคัญ

4. การคิดทบทวน เด็กต้องมีโอกาสสะท้อนความคิดเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจตนเอง ว่าเป็นไปตามเป้าหมายของการเรียนรู้หรือไม่ องค์ความรู้ที่ได้คืออะไร ผิดตรงไหนจะแก้ได้อย่างไร

จากการศึกษาแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ สามารถสรุปได้ว่า แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากการสร้างภายในตัวของนักเรียนเอง สำหรับกระบวนการสร้างความรู้ภายในตัวของนักเรียนนั้นมีดังต่อไปนี้

1. นักเรียนลงมือปฏิบัติ ผ่านการปฏิสัมพันธ์กับสื่อการเรียนรู้ โดยครูออกแบบกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย และความขัดแย้งทางปัญญา

2. นักเรียนคลี่คลายความขัดแย้งทางปัญญานั้น โดยใช้ความรู้เดิมในการเชื่อมโยง และใช้กระบวนการให้เหตุผลหรือการไตร่ตรองผ่านการใช้คำถามของครู จนนำไปสู่การปรับโครงสร้างทางปัญญา และสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง

3.2 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

ในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูควรเข้าใจถึงจุดเด่นและความสามารถของเทคโนโลยีนั้น เพื่อสามารถดึงจุดเด่นของเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม (Bromley, 1998; Matthew J Koehler & Mishra, 2008) ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ครูจึงควรเข้าใจว่า โปรแกรม GeoGebra มีจุดเด่นอย่างไร และจุดเด่นนั้นสามารถทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ และมีความสอดคล้องกับแนวคิดทางการศึกษาอย่างไร ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางการศึกษาในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ซึ่งพบว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra คือแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จากการศึกษาพบว่า มีนักการศึกษาระบุเกี่ยวกับแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ดังนี้

เซนกิน และตาตาร์ (Zengin & Tatar, 2017) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social Constructivism) โดยเน้นการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอนจะให้นักเรียนภายในกลุ่มได้ลงมือสำรวจและทดลอง ผ่านชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ที่ครูสร้างขึ้น โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายภายในกลุ่ม เพื่อให้สมาชิกภายในกลุ่มได้ร่วมมือและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ สำหรับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สามารถแสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้

ภาพประกอบ 6 แนวทางในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra สำหรับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมของเซนกิน และตาตาร์

ที่มา: Zengin and Tatar (2017). Integrating dynamic mathematics software into cooperative learning environments in mathematics

บายากา และคนอื่น ๆ (Bayaga, Mthethwa, Bossé, & Williams, 2019) กล่าวว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมที่มีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เนื่องจากโปรแกรม GeoGebra ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียนในการสืบเสาะ และสามารถช่วยให้ผู้เรียนค้นหาความหมาย และองค์ความรู้ผ่านการสำรวจ

ทางเรขาคณิต และปฏิสัมพันธ์กับสื่อในโปรแกรม GeoGebra นอกจากนี้ยังได้ยกตัวอย่างเกี่ยวกับขั้นตอนการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เรื่องวงกลม ไว้ดังนี้

1. นักเรียนเรียนรู้เป็นรายกลุ่มเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในโปรแกรมเบื้องต้นในการสร้างเกี่ยวกับวงกลม ได้แก่ การสร้างวงกลม เส้นตรง ส่วนของเส้นตรง รังสี เส้นสัมผัส และเส้นตัดวงกลม รวมไปถึงการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือการวัดความยาว และวัดขนาดของมุม

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างวงกลม และทดลองสร้างเกี่ยวกับคอร์ด มุมที่จุดศูนย์กลาง และมุมในส่วนโค้งของวงกลม ในโปรแกรม GeoGebra แล้วใช้เครื่องมือการวัดในการค้นหาสมบัติของมุมที่จุดศูนย์กลาง และมุมในส่วนโค้งของวงกลมด้วยตนเอง

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างวงกลม และทดลองสร้างเกี่ยวกับรัศมี และคอร์ด ในโปรแกรม GeoGebra แล้วใช้เครื่องมือการวัดในการค้นหาสมบัติของรัศมีและคอร์ดด้วยตนเอง

4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างวงกลม และทดลองสร้างเกี่ยวกับรูปสี่เหลี่ยมแนบในวงกลม ในโปรแกรม GeoGebra แล้วใช้เครื่องมือการวัดในการค้นหาสมบัติเกี่ยวกับรูปสี่เหลี่ยมแนบในวงกลม

5. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างวงกลม 2 วง ซึ่งตัดกัน 2 จุด และสร้างรูปสี่เหลี่ยมที่มีจุดยอด ประกอบไปด้วยจุดตัดทั้ง 2 จุดของวงกลม 2 วง และจุดบนวงกลมแต่ละวง วงกลมละ 1 จุด แล้วค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมในรูปสี่เหลี่ยมที่เกิดขึ้น

มูชิป และออกบอนนายา (Mushipe & Ogbonnaya, 2019) กล่าวในทำนองเดียวกันกับบายากา และคนอื่น ๆ ว่า การใช้โปรแกรม GeoGebra จะเป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทำให้ได้รับประสบการณ์และสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง และได้กล่าวเพิ่มเติมว่า กระบวนการสร้างความรู้จากโปรแกรม GeoGebra นั้น จะเกิดขึ้นได้โดยการให้นักเรียนได้ไตร่ตรองความรู้ที่ได้เรียนในคาบเรียน หรือความรู้เดิมที่ได้รับ ผ่านประสบการณ์ที่ได้รับจากชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดขั้นสูงในการสืบสวนสอบสวน เพื่อให้ได้รับประสบการณ์ในการค้นพบความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียนนั้น ซึ่งสอดคล้องกับการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ยิเมอร์ (T. Yimer, Sirak, 2019) ได้นำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม โดยบูรณาการกับวิธีสอนแบบจิ๊กซอว์ในเนื้อหาเรื่องแคลคูลัส และได้เสนอลักษณะของการจัดการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1. แบ่งกลุ่มจิ๊กซอว์ เป็นกลุ่มละ 4 – 5 คน

2. ให้หัวหน้ากลุ่มเป็นนักเรียนที่มีคะแนนสอบก่อนเรียนสูง และนักเรียนที่มีคะแนนเป็นอันดับรองลงมาเป็นเลขาของกลุ่ม สำหรับครูให้มีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียน

3. สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มจิ๊กซอว์ได้รับมอบหมายให้ศึกษาในหัวข้อหรือประเด็นเนื้อหาคนละ 1 ประเด็นในคาบเรียนนั้น

4. ตัวแทนจากแต่ละกลุ่มที่ได้รับมอบหมายให้ศึกษาหัวข้อเดียวกัน มารวมกันเป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เพื่อร่วมกันทำกิจกรรมสำรวจในโปรแกรม GeoGebra แล้วร่วมกันสรุปความรู้ในกลุ่มเชี่ยวชาญของตนเอง เป็นเวลาประมาณ 15 นาที

5. ตัวแทนจากแต่ละกลุ่มผู้เชี่ยวชาญกลับสู่กลุ่มจิ๊กซอว์ และแบ่งปันประสบการณ์ที่ได้รับจากการทำกิจกรรมการเรียนการสอนในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

6. เมื่อจบกิจกรรม นักเรียนทั้งชั้นเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้รับจากการทำกิจกรรม

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์นั้น สามารถออกแบบโดยใช้วิธีการสอนได้อย่างหลากหลาย แต่สาระสำคัญที่เหมือนกัน คือ สื่อการเรียนรู้ที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra จะต้องมีลักษณะที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับสื่อ แล้วนำไปสู่การสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองได้

ดังนั้น ในการกำหนดกรอบแนวคิดในการวัดและประเมิน TPACK ของนิสิตครูในด้านการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ข้างต้น มาปรับให้เข้ากับบริบทของการศึกษานิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งมุ่งเน้นให้นิสิตครูได้ฝึกการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และสร้างสื่อการเรียนรู้ในโปรแกรม GeoGebra ทำให้ได้ความหมายของ TPACK ของนิสิตครูในด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน คือ ความสามารถของนิสิตครูในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ได้ชัดเจน

2. เนื้อหาสาระในสื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3. สื่อการเรียนรู้มีลักษณะที่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ กล่าวคือ เป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ มีลักษณะที่สามารถทำให้นักเรียนได้สำรวจหรือสังเกตองค์ประกอบในสื่อการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้

4. มีการระบุบทบาทของการใช้สื่อ และข้อคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างชัดเจนในแผนการจัดการเรียนรู้

3.3 แนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

จากการศึกษาพบว่า มีนักการศึกษาที่กล่าวถึงการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ไว้ดังนี้

คิสลิก (Kizlik, 2012) กล่าวว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 คำ ดังต่อไปนี้

1. การวัด (Measurement) หมายถึง การกำหนดคุณลักษณะบางอย่างในเชิงของจำนวนจากการวัดคุณลักษณะนั้น เช่น การวัดความฉลาดทางปัญญา การวัดความสูงของนักเรียน โดยข้อมูลที่ได้จากการวัดอาจมีความแม่นยำหรือไม่แม่นยำนั้น จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด

2. การประเมิน (Assessment) หมายถึง กระบวนการเก็บรวบรวม โดยอาจเป็นการทดสอบ การมอบหมายชิ้นงาน แล้วนำข้อมูลที่รวบรวมนั้นมาพิจารณาว่าผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่

3. การประเมินค่า/การตัดสิน (Evaluation) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการวัดมาเป็นข้อมูลในการตัดสินผลการเรียน โดยอาจเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ว่าผู้เรียนมีความเก่งหรืออ่อนเพียงใด

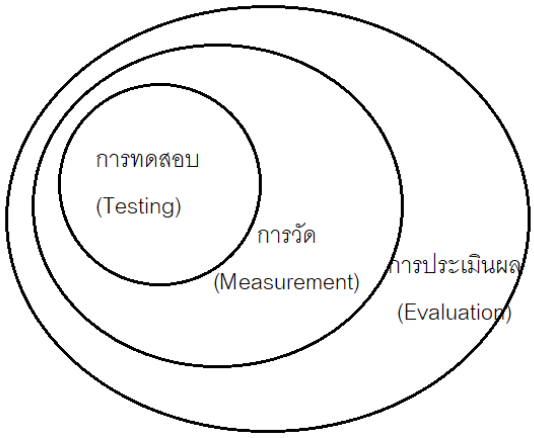
อะดอม และคนอื่น ๆ (Adom, Mensah, & Dake, 2020) กล่าวถึง องค์ประกอบของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยการใช้การทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย 3 คำต่อไปนี้

1. การทดสอบ (Testing) หมายถึง กระบวนการใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่าแบบทดสอบ เพื่อเร้าให้ผู้ทดสอบตอบคำถาม

2. การวัด (Measurement) หมายถึง กระบวนการกำหนดคุณลักษณะบางอย่างของผู้เรียนให้เป็นค่าในเชิงของจำนวนจากการวัดคุณลักษณะนั้น ซึ่งอาจทำได้โดยการทดสอบรวมไปถึงวิธีการอื่น ๆ

3. การประเมินผล (Evaluation) หมายถึง กระบวนการตัดสินคุณภาพของผู้เรียนว่ามีบรรลุจุดประสงค์ของการเรียนรู้มากเพียงใดจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้

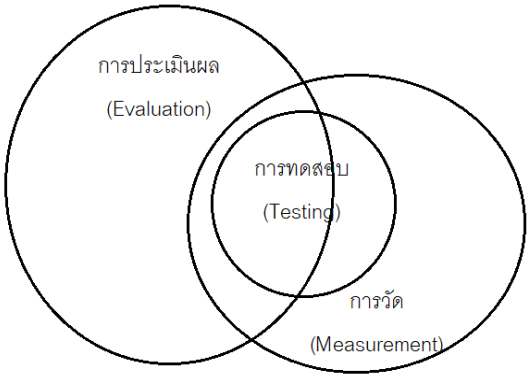
นอกจากนี้ลินช์ (Lynch, 2001) กล่าวว่า การทดสอบเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการวัด และการวัดเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการประเมินผล ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำว่า การทดสอบ การวัด และการประเมินผลได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 7 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำว่า
การทดสอบ การวัด และการประเมินผลของลินช์

ที่มา: Lynch (2001). Rethinking assessment from a critical perspective.

แบคแมน (Bachman, 1990) ได้เสนอเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคำว่า การทดสอบ การวัด และการประเมินผลที่แตกต่างจากลินช์ว่า ในการวัดนั้นบางครั้งไม่จำเป็นต้องประเมินผลผู้เรียน แต่ต้องการดูพัฒนาการของผู้เรียนระหว่างเรียน หรือตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนเท่านั้น ดังนั้นจากแนวคิดนี้ จึงสามารถแสดงแผนภาพเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคำว่า การทดสอบ การวัด และการประเมินผลได้ดังนี้



ภาพประกอบ 8 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำว่า
การทดสอบ การวัด และการประเมินผลของแบคแมน

ที่มา: Bachman (1990). Fundamental considerations in language testing.

ดิกซ์สัน และวอร์เรลล์ (Dixson & Worrell, 2016) กล่าวถึง การแบ่งประเภทของการประเมิน หรือกระบวนการวัดและประเมินผลออกเป็น 2 ประเภท โดยสรุปได้ดังนี้

1. การประเมินแบบย่อย (Formative Assessment) เป็นการประเมินที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครู และการเรียนรู้ของนักเรียน โดยมุ่งเน้นค้นหาสิ่งที่นักเรียนต้องการพัฒนาหรือปรับปรุงให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ได้ดียิ่งขึ้น

2. การประเมินแบบรวม (Summative Assessment) เป็นการประเมินท้ายบทเรียน มีลักษณะเป็นทางการ และมีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดลำดับ หรือจัดกลุ่มคุณลักษณะของนักเรียน หรือเพื่อตัดสินการผ่านหรือไม่ผ่านรายวิชาของนักเรียน

มอสกัล และเลย์เดนส์ (Moskal & Leydens, 2000) กล่าวถึง องค์ประกอบ 2 อย่างที่สะท้อนถึงคุณลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ดีไว้ดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity) เป็นการบ่งบอกว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวัดนั้นสามารถวัดองค์ประกอบที่ต้องการวัดได้ดีเพียงใด ซึ่งแบ่งการพิจารณาออกเป็น

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content-Related Evidence) เป็นการพิจารณาลักษณะของเครื่องมือวัดที่สามารถสะท้อนความรู้หรือคุณลักษณะของผู้เรียนที่ต้องการวัดได้จริง เช่น แบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความสามารถในการบวกของผู้เรียนที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหานั้น จะต้องประกอบไปด้วยข้อคำถามที่สามารถวัดความสามารถในการบวก และจะต้องไม่มีคำถามที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการลบของผู้เรียน เป็นต้น

1.2 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct-Related Evidence) เป็นการพิจารณาความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดในแง่ที่จะบอกว่าสิ่งที่ได้มาจากการวัดนั้นมีความเที่ยงตรงตามแนวคิดเชิงทฤษฎีอย่างไร ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ยาก เนื่องจากแนวคิดเชิงทฤษฎีนี้มักอยู่ในรูปนามธรรม และมีโครงสร้างที่ซับซ้อน

สำหรับกระบวนการออกแบบเครื่องมือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่มีความเที่ยงตรงนั้น อาจมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดจุดประสงค์ที่ต้องการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนให้สอดคล้องกับแต่ละจุดประสงค์

3) ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด

2. ความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นการบ่งบอกถึงความคงเส้นคงว่าของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งออกเป็น

2.1 ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) เป็นการพิจารณาถึงการที่ครูแต่ละคนใช้เครื่องมือการวัดกับผู้เรียนเครื่องมือเดียวกัน แล้วจะต้องแปลผลการวัดออกมาเป็นคะแนนที่เหมือนกัน

2.2 ความเชื่อมั่นภายในผู้ประเมิน (Intra-rater Reliability) เป็นการพิจารณาถึงการที่ครูคนเดียวกันใช้เครื่องมือการวัดกับผู้เรียนเครื่องมือเดียวกัน แล้วจะต้องแปลผลการวัดออกมาเป็นคะแนนที่เหมือนกัน ถึงแม้จะทำการแปลผลในสถานการณ์หรือเวลาที่แตกต่างกัน

สำหรับกระบวนการออกแบบเครื่องมือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่มีความเชื่อมั่นนั้น อาจมีลักษณะดังนี้

1) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนให้ชัดเจน (Well-defined)

2) กำหนดความแตกต่างของแต่ละระดับของคุณลักษณะให้ชัดเจน

สำหรับในงานวิจัยนี้ เนื่องจากมุ่งเน้นให้นิสิตครูได้สร้างชิ้นงานในการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ซึ่งการใช้โปรแกรมดังกล่าวในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผู้เรียนนั้น อาจทำได้หลายวิธี โดยอาจเป็นการวัดและประเมินผลแบบย่อย หรือแบบรวมก็ได้ ดังนั้นจึงขอพิจารณาคำว่าการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยแยกออกเป็น 2 คำดังนี้

1. การวัด หมายถึง กระบวนการกำหนดค่าแทนคุณลักษณะของผู้เรียน โดยมีการใช้เครื่องมือการวัดคุณลักษณะนั้นที่เหมาะสม

2. การประเมินผล หมายถึง กระบวนการในการนำผลที่ได้จากการวัดมาตัดสินคุณค่าของผู้เรียนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สำหรับหลักการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ จะพิจารณาการวัดและประเมินผลแบบย่อย เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นนิสิตครูก่อนออกฝึกสอนนั้น มุ่งเน้นให้นิสิตครูสามารถออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ย่อย ๆ ของบทเรียน นอกจากนี้คุณลักษณะของการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่จะนำมาพิจารณาในงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน

2. ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด

3. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่สามารถใช้ในการประเมินผลของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน

3.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดกรอบแนวคิดในการประเมิน TPACK ด้านการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามบริบทของงานวิจัยนี้ จากการศึกษาพบว่ามีนักการศึกษากล่าวถึงไว้ดังนี้

ดิโควิค (Dikovic, 2009) กล่าวถึง ความสามารถอย่างหนึ่งของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการสร้างแบบฝึกหัดที่ผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับชิ้นงานได้โดยการใช้ GeoGebra's JavaScript กับการกำหนดค่าของตัวแปรอย่างเหมาะสม ซึ่งจะสามารถทำให้ครูสามารถสร้างแบบฝึกหัดที่สามารถสุ่มโจทย์ได้อย่างหลากหลาย รวมทั้งสามารถสะท้อนผลการทำงานของผู้เรียนได้อย่างอัตโนมัติ

คุชวาฮา และคนอื่น ๆ (Kushwaha et al., 2013) กล่าวในทำนองเดียวกันกับดิโควิคว่าโปรแกรม GeoGebra สามารถใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการใช้คุณสมบัติของ GeoGebra Script และคำสั่งในการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรม เพื่อใช้ในการสร้างโจทย์แบบสุ่ม จากนั้นเมื่อผู้เรียนป้อนคำตอบลงไปแล้ว โปรแกรมสามารถสะท้อนผลการทำงาน

ของผู้เรียนได้อย่างอัตโนมัติ โดยกล่าวเพิ่มเติมอีกว่า ผลการตอบคำถามของผู้เรียนในโปรแกรม GeoGebra นี้ ครูสามารถใช้คำสั่งเพื่อให้โปรแกรมเก็บรวบรวมข้อมูลการตอบคำถามของผู้เรียน เพื่อใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อีกด้วย

ลูกาช และเซเกราก์ (Lukáč & Sekerák, 2015) กล่าวเพิ่มเติมในส่วนของการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการสะท้อนผลการทำงานของผู้เรียน โดยระบุว่าการใช้ JavaScript ของโปรแกรม GeoGebra จะสามารถออกแบบให้ชิ้นงานที่สร้างขึ้นนั้น นอกจากจะทำให้ผู้เรียนตอบคำถามได้แล้ว ยังสามารถช่วยสะท้อนผลการทำงานของผู้เรียนในแต่ละกรณีอีกด้วย เช่น ในกรณีการสร้างข้อคำถามแบบปรนัย 5 ตัวเลือก หากผู้เรียนคลิกคำตอบที่ไม่ถูกต้อง โปรแกรมสามารถแสดงผลว่าคำตอบของผู้เรียนไม่ถูกต้องอย่างไร มีส่วนใดที่คลาดเคลื่อน ซึ่งการสะท้อนผลการทำงานในลักษณะนี้ นอกจากจะใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนจากครูแล้ว ผู้เรียนยังสามารถประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตนเอง แล้วแก้ไขให้ถูกต้องได้อีกด้วย

จากการศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra พบว่า นักการศึกษากล่าวในประเด็นหลัก ๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. โปรแกรม GeoGebra สามารถใช้ในการสร้างโจทย์แบบสุ่มได้อย่างหลากหลาย

2. โปรแกรม GeoGebra สามารถใช้ในการกำหนดคำสั่งเพื่อแสดงผลในการสะท้อนการทำงานของผู้เรียนได้อย่างอัตโนมัติ และการสะท้อนผลการทำงานนั้นสามารถบอกถึงความถูกต้อง หรือสิ่งที่ผู้เรียนคลาดเคลื่อนในการตอบคำถามได้

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์แนวคิดของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และแนวคิดของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้ศึกษาข้างต้น ทำให้สามารถสรุปได้ว่า TPACK ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ คือ ความสามารถของนิสิตครูในการนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ ได้แก่ ความสามารถในการสุ่มข้อคำถาม และความสามารถในการใช้สคริปต์หรือคำสั่งในการแสดงผลเพื่อการสะท้อนผลการทำงานของนักเรียน ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรม GeoGebra

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรม GeoGebra ซึ่งพบว่ามีงานวิจัยดังต่อไปนี้

งานวิจัยในประเทศ

จารุต วรสาร และคนอื่น ๆ (2562) ได้ทำการศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 37 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า 1) ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้โปรแกรม GeoGebra มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.32/80.81 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 2) นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร อยู่ในระดับดีมาก

วีริศ กิตติวรากูล และคนอื่น ๆ (2562) ได้ทำการศึกษาความรู้เชิงมโนทัศน์และความสามารถในการพิสูจน์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสร้างข้อความคาดการณ์และพิสูจน์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการดังกล่าว นักเรียนมีคะแนนความรู้เชิงมโนทัศน์ และความสามารถในการพิสูจน์ เรื่อง วงกลม ผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ปัญญาพร เชื้อมั่ง และคนอื่น ๆ (2563) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการพิสูจน์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างข้อความคาดการณ์และพิสูจน์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสมุทรสาครบูรณะ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 60 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการดังกล่าว นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการพิสูจน์ เรื่อง เส้นขนาน ผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และนักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

สุธาสินี นิ่มนวล และคนอื่น ๆ (2565) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟของฟังก์ชันโดยใช้โปรแกรม GeoGebra โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนวัดนวลนรดิศ จำนวน 38 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟของฟังก์ชัน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ประเมินจำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 76.32 ของกลุ่มเป้าหมาย และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 13.74 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 68.7 ของคะแนนเต็ม ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่กำหนดไว้

งานวิจัยต่างประเทศ

บายากา และคนอื่น ๆ (Bayaga et al., 2019) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง เรขาคณิตระบบยุคลิด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในประเทศแอฟริกาใต้ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยลักษณะดังกล่าวส่งผลดังนี้ 1) นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นในการเรียนรู้คณิตศาสตร์มากขึ้น 2) นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนมากขึ้น 3) นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น 4) นักเรียนมีความสามารถในการนึกภาพ (Visualization) ได้ดีขึ้น 5) นักเรียนมีพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 6) นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักตรรกศาสตร์ของคณิตศาสตร์มากขึ้น 7) นักเรียนมีความมั่นใจว่าสามารถทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีขึ้น และ 8) นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น

มูชิป และออกบอนนายา (Mushipe & Ogbonnaya, 2019) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง ฟังก์ชันเชิงเส้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ห้องเรียน คิดเป็น 62 คน ในโรงเรียนในประเทศแอฟริกาใต้ โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 1 ห้องเรียน 33 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 1 ห้องเรียน 29 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม

GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง ฟังก์ชันเชิงเส้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีการบรรยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ยีเมอร์ และเฟซา (S. T. Yimer & Feza, 2019) ได้ทำการศึกษาความรู้เชิงมโนทัศน์ และเจตคติต่อการเรียน เรื่อง แคลคูลัส ของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีจิ๊กซอว์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาจำนวน 150 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองกลุ่มละ 75 คน ผลการวิจัยพบว่า หลังจากนักศึกษากลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการดังกล่าวแล้ว นักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อการเรียน เรื่อง แคลคูลัสมากขึ้น และนักศึกษากลุ่มทดลองมีความรู้เชิงมโนทัศน์ เรื่อง แคลคูลัส หลังเรียนสูงกว่านักศึกษากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 4 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอน

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนารูปแบบการสอน ซึ่งเป็นแบบแผนของการสอนที่ผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ โดยการพัฒนารูปแบบการสอนนั้น จะต้องมีกระบวนการศึกษาวิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสารที่หลากหลาย ตลอดจนผ่านการนำไปทดสอบเพื่อให้เป็นที่ยอมรับ และเป็นตัวแบบของการสอนที่สามารถยืนยันได้ว่า สามารถทำให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ได้จริง สำหรับการศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอน มีดังต่อไปนี้

4.1 ความหมายของรูปแบบการสอน

จากการศึกษาความหมายของรูปแบบการสอน พบว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวถึงดังนี้

จอยส์ แคลฮูน และฮอบกินส์ (B. R. Joyce, Calhoun, & Hopkins, 1997) กล่าวถึงความหมายของรูปแบบการสอน (Instructional Models) ว่าเป็นแบบหรือแผนของการสอนที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นอย่างดี ซึ่งการพัฒนานี้ได้มาจากการศึกษาอย่างเป็นระบบและมีการทดลองว่าสามารถทำให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมายของการสอนได้จริง

ทิศนา แขมมณี (2555) กล่าวในทำนองเดียวกันกับจอยส์ แคลฮูน และฮอบกินส์ ว่า รูปแบบการสอน คือรูปแบบหรือแบบแผนการดำเนินการสอน โดยกล่าวเพิ่มเติมว่าลักษณะของรูปแบบการสอนนั้น จะต้องมีกระบวนการพัฒนาเพื่อให้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งกระบวนการพัฒนารูปแบบการสอนนั้น อาจได้มาจากการนำแนวคิด ทฤษฎี รวมถึงหลักการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนมีการทดสอบเพื่อให้ได้รับการยอมรับว่ารูปแบบที่ได้นั้นมีประสิทธิภาพ และสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายเฉพาะของรูปแบบนั้น ๆ

นิยม กิมานุวัฒน์ (2559) ได้กล่าวสอดคล้องกับทิศนา แขมมณี ว่ารูปแบบการสอน หมายถึง แบบแผนของการสอนที่สร้างขึ้น โดยได้กล่าวเพิ่มเติมว่า แบบแผนการสอนที่สร้างขึ้น จะมีการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดผลแก่ผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

จากการศึกษาความหมายของรูปแบบการสอน สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการสอน หมายถึง แบบแผนของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งประกอบไปด้วยการนำแนวคิด ทฤษฎี หรือหลักการทางการศึกษาที่หลากหลาย มาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียน บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดขึ้น และมีการทดสอบว่าสามารถทำให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดมุ่งหมาย ได้จริง

4.2 ประเภทของรูปแบบการสอน

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึง การแบ่งประเภทของรูปแบบการสอนไว้ดังนี้

เซย์เลอร์ และคนอื่น ๆ (Saylor, Alexander, & Lewis, 1981) ได้แบ่งรูปแบบการสอนออกเป็น 5 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการสอนที่เน้นการสอนและการทำกิจกรรมเกี่ยวกับเนื้อหาในรายวิชา
2. รูปแบบการสอนที่เน้นเรื่องของสมรรถภาพ และความสามารถในการเรียนรู้
3. รูปแบบการสอนที่เน้นการพัฒนาคุณลักษณะต่าง ๆ ของผู้เรียน
4. รูปแบบการสอนที่เน้นเรื่องการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ
5. รูปแบบการสอนที่เน้นเรื่องการสร้างแรงจูงใจ และเจตคติต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

จอยส์ และคนอื่น ๆ (B. Joyce, R., Weil, & Calhoun, 2014) ได้แบ่งประเภทของรูปแบบการสอนตามแนวคิดหลักการหรือทฤษฎี ซึ่งเป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอนนั้น ๆ เป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

1. รูปแบบการสอนเชิงสารสนเทศและกระบวนการ (Information-Processing Instructional Model) เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นกระบวนการประมวลสารสนเทศของผู้เรียน และเป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการจัดการกับสารสนเทศนั้นให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. รูปแบบการสอนเฉพาะบุคคล (Personal Instructional Model) เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นกระบวนการพัฒนาตามลักษณะของแต่ละบุคคล

3. รูปแบบการสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ (Social Interaction Instructional Model) เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและสังคม

4. รูปแบบการสอนเชิงพฤติกรรม (Behavior Instructional Model) เป็นรูปแบบการสอนที่ใช้องค์ประกอบความรู้ด้านพฤติกรรมศาสตร์เป็นหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน โดยเน้นการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน

ทิศนา แขมมณี (2561) ได้แบ่งประเภทของรูปแบบการสอนตามลักษณะของเป้าหมายไว้ 5 ประเภทดังนี้

1. รูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นในการพัฒนาองค์ความรู้ (Cognitive Domain)

2. รูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นการพัฒนาจิตใจ (Affective Domain) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทัศนคติที่ดี เจตคติที่ดี และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์

3. รูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นการปฏิบัติของผู้เรียนที่แสดงออกในลักษณะต่าง ๆ หรือมุ่งเน้นด้านทักษะพิสัย (Psycho-motor Domain)

4. รูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะและกระบวนการ (Skill and Process)

5. รูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นการบูรณาการร่วมกัน (Integration) ในลักษณะของการพัฒนาผู้เรียนแบบองค์รวม

จากการศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการสอนสามารถแบ่งประเภทได้ตามลักษณะ และเป้าหมายของรูปแบบการสอน โดยรูปแบบการสอนแต่ละประเภทจะมีจุดเน้น แนวคิดหรือหลักการ ที่นำไปใช้ในการพัฒนาและกำหนดกรอบแนวคิดที่แตกต่างกัน สำหรับรูปแบบการสอนในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นให้นิสิตครูเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันจากการทำกิจกรรมเป็นรายกลุ่มกับนิสิตครูคนอื่น ๆ ในชั้นเรียน เพื่อให้นิสิตครูสามารถเกิดกระบวนการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี และการบูรณาการความรู้ในแต่ละด้านของ TPACK ได้อย่างเต็มศักยภาพ

4.3 แนวคิดในการพัฒนารูปแบบการสอน

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงแนวคิดและหลักการที่สำคัญในการพัฒนารูปแบบการสอนไว้ดังนี้

เซย์เลอร์ และคนอื่น ๆ (Saylor et al., 1981) ได้กล่าวถึง แนวคิดสำคัญในการพัฒนารูปแบบการสอนที่ควรคำนึง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. จุดประสงค์ของรูปแบบการสอน การกำหนดจุดประสงค์ของรูปแบบการสอนจะช่วยให้ผู้พัฒนาเห็นถึงแนวทางในการพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อทำให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายของรูปแบบการสอนได้

2. ความเป็นไปได้ของการใช้รูปแบบการสอน ผู้พัฒนารูปแบบการสอนควรคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการนำรูปแบบการสอนไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายได้จริง

3. แรงจูงใจของผู้เรียน ผู้พัฒนารูปแบบการสอนควรคำนึงถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สร้างแรงจูงใจให้กับผู้เรียน โดยอาจมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่น่าสนใจ การกำหนดกิจกรรมที่มีความท้าทาย เพื่อให้ผู้เรียนไม่เกิดความรู้สึกเบื่อหน่าย

4. แนวคิด หลักการ หรือทฤษฎีทางการเรียนรู้ การพัฒนารูปแบบการสอนควรนำแนวคิด หลักการ หรือทฤษฎีทางการเรียนรู้หลาย ๆ อย่างมาปรับใช้ให้เข้ากับบริบทที่ต้องการจะพัฒนาผู้เรียน

5. สิ่งอำนวยความสะดวก เครื่องมือและทรัพยากร ผู้พัฒนารูปแบบการสอนจะต้องคำนึงถึงความพร้อมในด้านเครื่องมือ สิ่งอำนวยความสะดวก และทรัพยากรที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น

จอยส์ และเวียล (B. R. Joyce & Weil, 1996) กล่าวว่าลักษณะของการพัฒนารูปแบบการสอนจะต้องมีสมบัติบางประการดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการสอน เป็นสิ่งที่จะต้องมีทฤษฎีรองรับในการพัฒนา เช่น ทฤษฎีทางด้านจิตวิทยาการเรียนรู้ และทฤษฎีทางด้านวิธีการสอน เป็นต้น

2. เมื่อพัฒนารูปแบบการสอนแล้ว ก่อนนำไปเผยแพร่จะต้องมีกระบวนการทดสอบ และตรวจสอบคุณภาพโดยการทดลองว่ารูปแบบการสอนสามารถทำให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ของการเรียนรู้ได้จริง

3. การพัฒนารูปแบบการสอน อาจจะออกแบบให้ใช้ได้อย่างกว้างขวางหรือเพื่อจุดประสงค์เฉพาะทางก็ได้

4. การพัฒนารูปแบบการสอน จะมีจุดมุ่งหมายของรูปแบบการสอนเป็นแนวคิดหลักในการพัฒนา

นิยม กิมานุวัฒน์ (2559) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบที่สำคัญในการพัฒนารูปแบบการสอน ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1. หลักการของรูปแบบการสอน เป็นส่วนที่กล่าวถึงความเชื่อและแนวคิดทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบการสอน

2. จุดประสงค์ของรูปแบบการสอน เป็นส่วนสำคัญที่จะบ่งบอกถึงสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นหลังจากการใช้รูปแบบการสอนนั้น ๆ

3. เนื้อหา เป็นเนื้อหาที่ต้องการจัดการเรียนการสอน รวมถึงลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ของรูปแบบการสอน

4. การดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน รวมถึงขั้นตอนในการปฏิบัติกิจกรรมที่อยู่ในรูปแบบการสอน

5. การวัดผลและประเมินผล เป็นการวัดผลและประเมินผลจากผู้เรียนเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของรูปแบบการสอน

ทิศนา แขมมณี (2560) กล่าวว่า การพัฒนารูปแบบการสอน เป็นการออกแบบสภาพหรือลักษณะที่จัดขึ้นอย่างเป็นระบบระเบียบ มีแบบแผนตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อต่าง ๆ โดยอาศัยวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ เข้ามาช่วยเสริมสร้างให้สภาพการจัดการเรียนการสอนนั้น เป็นไปตามหลักการที่ยึดถือ กล่าวคือ คุณลักษณะสำคัญของรูปแบบการสอนจะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. มีปรัชญา แนวคิด หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อ ที่เป็นพื้นฐานหรือเบื้องหลังของรูปแบบการสอนนั้น ๆ

2. มีการบรรยายหรืออธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอน

3. มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบ ให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการพิสูจน์ ทดลองถึงประสิทธิภาพของระบบนั้น

มารุต พัฒผล (2563) เสนอแนวคิดในการพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

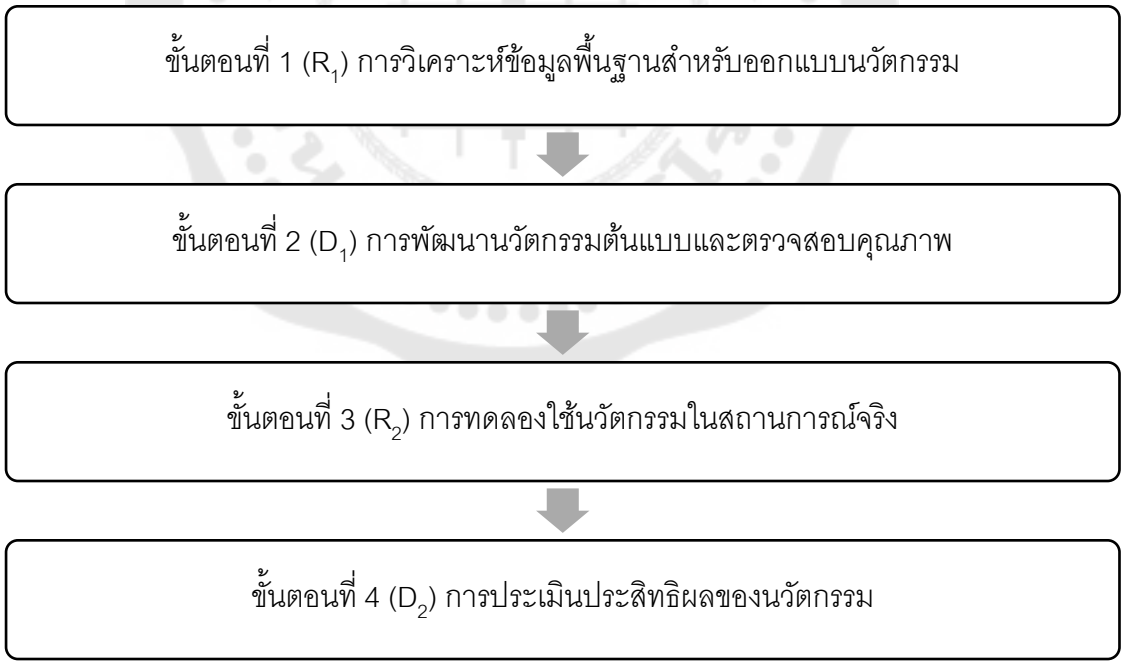
ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับออกแบบนวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นในการพัฒนานวัตกรรมที่ต้องการ มุ่งเน้นที่การวิเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี ผลการวิจัยที่ผ่านมา ตลอดจนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับนวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) และความต้องกการของผู้ใช้นวัตกรรม โดยการใช้ระเบียบวิธีวิจัยอย่างหลากหลายตามประเด็นที่ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเหล่านั้น ผลลัพธ์จากการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 จะทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ความเข้าใจที่ชัดเจนและนำไปใช้ออกแบบนวัตกรรมให้ตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ต้นแบบและตรวจสอบคุณภาพ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาต้นแบบของนวัตกรรมที่สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ต้นแบบของนวัตกรรมที่พัฒนาจะมีคุณลักษณะสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) ความใหม่ทางความคิด 2) ความมีประโยชน์ และ 3) ตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย อีกทั้งนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นจะมีองค์ประกอบของนวัตกรรมแต่ละชนิดอย่างสมบูรณ์ หลังจากที่ดำเนินการพัฒนานวัตกรรมต้นแบบแล้ว จึงดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของนวัตกรรมโดยรวมและจำแนกตามแต่ละองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างแต่ละองค์ประกอบของนวัตกรรม เมื่อได้ตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของนวัตกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญแล้วจึงนำนวัตกรรมไปทดลองใช้นำร่อง (Tryout) เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้นวัตกรรมหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ในสถานการณ์จริงและขยายผล มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบว่านวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถใช้ในสถานการณ์จริงและยังสามารถนำไปใช้ในบริบทอื่นอีกได้หรือไม่ ในขั้นตอนที่ 3 นี้มักใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลองหรือการวิจัยกึ่งทดลองเป็นแบบแผนการทดลองใช้นวัตกรรม โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ อย่างสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินประสิทธิผลของนวัตกรรมที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว สำหรับเกณฑ์การประเมินประสิทธิผลของนวัตกรรมส่วนใหญ่ที่นักวิจัยใช้กันจะประกอบด้วยเกณฑ์มาตรฐานสมบูรณ์ (Absolute Criteria) และเกณฑ์มาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Criteria) ผลการทดลองใช้ในสถานการณ์จริงนี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการประเมินประสิทธิผลของนวัตกรรมหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินประสิทธิผลของนวัตกรรมหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้และปรับปรุงให้สมบูรณ์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินว่านวัตกรรมหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนั้น มีประสิทธิผลตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ในทางการวิจัยเรียกว่า “เกณฑ์ประสิทธิผลของนวัตกรรม” โดยมีการขยายผลนวัตกรรมนั้นเพื่อตรวจสอบว่านวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นยังสามารถนำไปใช้ในบริบทอื่น ๆ อีกได้หรือไม่ ซึ่งการขยายผลนวัตกรรมมีหลายแนวทาง เช่น การใช้นวัตกรรมในสถานการณ์จริงอีกครั้งทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน การประชาสัมพันธ์นวัตกรรมและรับฟังความคิดเห็น เป็นต้น สำหรับการประเมินประสิทธิผลของนวัตกรรมนั้น นักวิจัยจะนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จากการทดลองใช้ในสถานการณ์จริงมาทำการวิเคราะห์ไปตามเกณฑ์การประเมินประสิทธิผลของนวัตกรรมหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ และถ้าผลการวิเคราะห์พบว่าเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิผลที่กำหนดแล้ว จึงลงสรุปว่านวัตกรรมที่พัฒนามีประสิทธิผล สามารถนำไปใช้ต่อไปได้

ขั้นตอนการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 9 ต่อไปนี้



ภาพประกอบ 9 ขั้นตอนการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนการสอน

ที่มา: มารุต พัฒผล (2563). การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้

เนื่องจากงานวิจัยนี้ มีแบบแผนการวิจัยเป็นการวิจัยและพัฒนา ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แนวคิดในการพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ของมารุต พัฒผล ในการพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการสอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบรูปแบบการสอน เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และผลการวิจัยต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง)

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอนและตรวจสอบคุณภาพ เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยนำผลการศึกษาที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาใช้ในการออกแบบรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) และนำรูปแบบการสอนฉบับร่างที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพ ผ่านการประเมินรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน จากนั้นปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 1 ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้รูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) แล้วไปทดลองใช้นำร่อง (Tryout) กับนิสิตครูกลุ่มนำร่องของการวิจัย จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 2 เพื่อให้ได้รูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง)

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการสอนในสถานการณ์จริง เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยนำรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ไปใช้ในสถานการณ์จริงกับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยประเมินประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการสอนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนำผลจากการทดลองในสถานการณ์จริงมาปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 3 เพื่อให้ได้รูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์)

4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอน ซึ่งพบว่ามีงานวิจัยดังต่อไปนี้

งานวิจัยในประเทศ

ทรงชัย อักษรคิด (2553) ได้พัฒนารูปแบบเพื่อเสริมสร้างความสามารถทางการสอนการแก้ปัญหาและการตั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักศึกษาครู โดยรูปแบบประกอบไปด้วย 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การเตรียมความพร้อมก่อนการปฏิบัติการสอน และระยะที่ 2 การทดลองสอนการแก้ปัญหาและการตั้งปัญหาภาคสนาม กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักศึกษาครูระดับปริญญาตรี หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต (ศษ.บ.) ชั้นปีที่ 5 สาขาวิชา

การสอนคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กำลังฝึกประสบการณ์ในโรงเรียน ปีการศึกษา 2552 จำนวน 16 คน และนักเรียนจำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 40 คน ของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา ในภาคปลาย ปีการศึกษา 2562 ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมตามความคิดของผู้เชี่ยวชาญในระดับมาก และมีประสิทธิผลในด้านความสามารถในการแก้ปัญหาและการตั้งปัญหา และด้านความสามารถในด้านการวางแผนและการปฏิบัติการสอนที่เน้นการแก้ปัญหาและการตั้งปัญหาของนักศึกษาครูในระดับมาก

สายใจ ปินะกาพัง และประสาท เนืองเฉลิม (2561) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยรูปแบบการเรียนการสอนประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การค้นหาปัญหาหรือเป้าหมายในการแก้ปัญหา ข้อมูล และแนวคิดในการแก้ปัญหา 2) การปฏิบัติแก้ปัญหา และ 3) การประยุกต์ใช้ ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนพบว่า รูปแบบการเรียนการสอนมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ผกาวรรณ วะนานาม (2564) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ในรายวิชาการสร้างสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร โดยรูปแบบการเรียนการสอนมีการแบ่งการจัดการเรียนการสอนออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อมก่อนการเรียนรู้ ขั้นตอนที่ 2 สร้างความสัมพันธ์และข้อตกลงร่วมกัน ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนย่อยได้แก่ 1) สร้างพลังทางความคิด 2) สะกิดแสวงหาความรู้ 3) เรียนรู้สู่การปฏิบัติ 4) สร้างสรรค์องค์ความรู้ และ 5) แลกเปลี่ยนเรียนรู้ควบคู่กับการประเมิน ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนพบว่า 1) นักศึกษาครูมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักศึกษาครูมีความสามารถในด้านทักษะการสร้างสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักศึกษาครูมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีในการสร้างสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักศึกษาครูมีความพึงพอใจต่อการเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนในระดับมากถึงมากที่สุด

งานวิจัยต่างประเทศ

มาร์แชลล์ และคนอื่น ๆ (Marshall, Horton, & Smart, 2009) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นจากแนวคิด 4E x 2 ในชั้นเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนการประเมินผล (Assess) และส่วนการสะท้อนคิด (Reflect) โดยแต่ละส่วนประกอบไปด้วยขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้แก่ ขั้นการสร้างความสนใจในการเรียนรู้ (Engage) ขั้นการค้นหาความรู้ (Explore) ขั้นอธิบาย (Explain) และขั้นขยายแนวคิด (Extend) ผลการศึกษาการใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นพบว่า รูปแบบการสอนดังกล่าวมีลักษณะที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมแบบสืบเสาะ และช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้

โกห์ และดิวาฮาราน (Koh & Divaharan, 2011) ได้พัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนักศึกษาครู โดยประกอบไปด้วย 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การทำให้เกิดการยอมรับ และมีความชำนาญในการใช้เทคโนโลยี ระยะที่ 2 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนในวิชาเฉพาะโดยใช้เทคโนโลยี และระยะที่ 3 การประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอน ผลของการนำรูปแบบการสอนไปใช้พบว่า นักศึกษาครูกลุ่มเป้าหมาย 76 คน สามารถบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาได้ดีขึ้น

โอโมทาโย และอะเดเลเก (Omotayo & Adeleke, 2017) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิด 5E และแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ต่อผลการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยรูปแบบการสอนประกอบด้วยการจัดการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการสร้างความสนใจในการเรียนรู้ (Engagement) ขั้นการค้นหาความรู้ (Exploration) ขั้นการอธิบายเพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง (Explanation) ขั้นการขยายความ (Elaboration) และขั้นการประเมินผล (Evaluation) กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 155 คน ในประเทศไนจีเรีย ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการสอนดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์มากขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 3 ข้อ ได้แก่ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ 2) เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ และ 3) เพื่อศึกษา TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ทั้งนี้การดำเนินการวิจัยเป็นไปในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา โดยกระบวนการของการวิจัยในครั้งนี้มี 4 ขั้นตอนหลักได้แก่

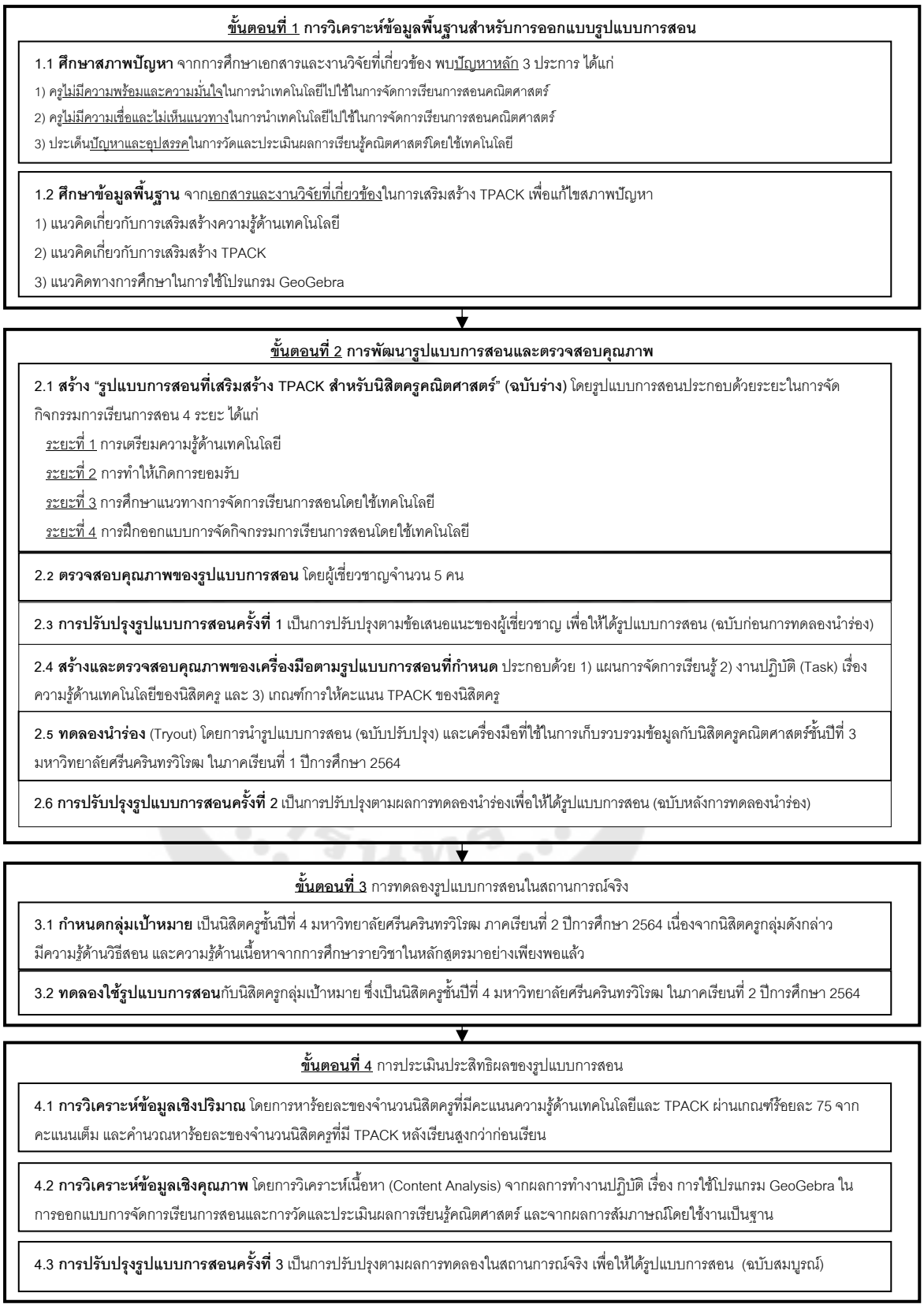
ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบรูปแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอนและตรวจสอบคุณภาพ

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองรูปแบบการสอนในสถานการณ์จริง

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน

กระบวนการของการวิจัยสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 10 ต่อไปนี้



ภาพประกอบ 10 กระบวนการของการวิจัยในครั้งนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบรูปแบบการสอน

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.1 การศึกษาสภาพปัญหา

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นที่เกี่ยวกับปัญหาในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พบปัญหา 3 ประการ ได้แก่

1) **ครูไม่มีความพร้อมและความมั่นใจในการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์** จากการศึกษาพบว่ามีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าครูคณิตศาสตร์ยังไม่สามารถใช้เทคโนโลยี (กล่าวคือ ไม่สามารถใช้โปรแกรม) ที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ได้ ส่งผลให้ครูคณิตศาสตร์ขาดความมั่นใจในการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เช่น งานวิจัยของอักซาน และเอริลมาซ (Akşan & Eryılmaz, 2011) ที่ได้ทำการสำรวจสาเหตุที่ครูคณิตศาสตร์ไม่สามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งประเด็นหนึ่งที่สำคัญที่พบจากงานวิจัยนี้คือ ครูไม่มีความพร้อมและไม่สามารถใช้เทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ได้ และงานวิจัยของมาลิซา และแฟน (Mailizar & Fan, 2020) ที่กล่าวในทำนองเดียวกันว่าครูคณิตศาสตร์ส่วนหนึ่งยังขาดความรู้ในการใช้เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เช่น โปรแกรมเรขาคณิตพลวัต และระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

2) **ครูไม่มีความเชื่อและไม่เห็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์** จากการศึกษาพบว่ามีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าครูคณิตศาสตร์ไม่มีความเชื่อว่าเทคโนโลยีจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น งานวิจัยของเพียส และบอลล์ (Pierce & Ball, 2009) ได้สัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์คนหนึ่งซึ่งเลือกที่จะไม่ใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ในการสอนเกี่ยวกับฟังก์ชันและแคลคูลัส เนื่องจากการใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์นั้นเป็นเพียงแค่เครื่องมือที่ช่วยในการคำนวณซึ่งอาจส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคำนวณลดลง และเป็นภาระกับผู้สอนและผู้เรียนที่ต้องจัดเตรียมอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้ นอกจากนี้งานวิจัยของอักซาน และเอริลมาซ (Akşan & Eryılmaz, 2011) พบประเด็นปัญหาหนึ่งที่ทำให้ครูคณิตศาสตร์เลือกที่จะไม่ใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากครูขาดความเชื่อมั่นว่าเทคโนโลยีจะสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้จริง อีกทั้งครูคณิตศาสตร์ส่วนหนึ่งมองว่า การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่เสียเวลา ในประเด็นนี้ คาฟยูลิโอ และฟิชเซอร์ (Kafyulilo & Fisser, 2019) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การที่ครูคณิตศาสตร์ในปัจจุบันแม้จะมีความรู้

ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหาที่เพียงพอ แต่ครูยังขาดประสบการณ์และโอกาสในการเห็นแนวทางและฝึกฝนการบูรณาการในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ส่งผลให้ครูขาดความรู้ความเข้าใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) **ประเด็นปัญหาและอุปสรรคในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยี** จากการศึกษาพบว่ามีงานวิจัยที่กล่าวถึงประเด็นปัญหาและอุปสรรคในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยี ได้แก่ งานวิจัยของฟลินน์ และแมคเครย์ (Flynn & McCrae, 2001) ที่ได้กล่าวถึงประเด็นปัญหาของการจัดการทดสอบโดยใช้เครื่องคำนวณ ซึ่งพบว่าเมื่อครูอนุญาตให้นักเรียนใช้เครื่องคำนวณในการทดสอบแล้ว มีนักเรียนบางส่วนได้เตรียมเครื่องคำนวณที่รองรับระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ และบางส่วนได้เตรียมเครื่องคำนวณที่ไม่ได้รองรับระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าความพร้อมด้านอุปกรณ์ของนักเรียนที่แตกต่างกันนั้น อาจส่งผลให้เกิดความได้เปรียบและความเสียเปรียบในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน สำหรับในประเด็นความเชื่อของครู งานวิจัยของอักซาน และเอริลมาซ (Akşan & Eryılmaz, 2011) กล่าวถึงประเด็นหนึ่งว่า ครูคณิตศาสตร์ส่วนหนึ่งมีความเชื่อว่า เทคโนโลยีเป็นสิ่งที่ยากลำบากในการนำมาใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน นอกจากนี้ งานวิจัยของซาเหยด และเลนโต (Sayed & Lento, 2015) ได้กล่าวถึงประเด็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเชื่อของอาจารย์มหาวิทยาลัยส่วนหนึ่งเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในกระบวนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ว่า เทคโนโลยีเป็นสิ่งที่ส่งผลให้เกิดการทุจริตในการทดสอบมากขึ้น

จากปัญหา 3 ประเด็นที่พบข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าครูคณิตศาสตร์ส่วนหนึ่งยังต้องการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) และความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา (TPACK) ในด้านต่าง ๆ ดังนั้นในการเตรียมความพร้อมครูผู้สอนเพื่อให้เป็นผู้ที่สามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ในอนาคต จึงควรเริ่มต้นที่การส่งเสริมครูโดยเฉพาะนิสิตครูให้มีการฝึกฝนการใช้เทคโนโลยี และการฝึกฝนการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา

1.2 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อหาแนวทางแก้ไขสภาพปัญหาและสร้างรูปแบบการสอน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถสรุปในแต่ละประเด็นได้ดังนี้

1.2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี

1) ขอบเขตของความรู้ด้านเทคโนโลยี

ความรู้ด้านเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้ของครูเกี่ยวกับหลักการและการใช้งานคุณลักษณะต่าง ๆ ของเทคโนโลยี รวมถึงการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสม สำหรับในงานวิจัยนี้เทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในการศึกษา คือ โปรแกรม GeoGebra เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ได้ในหลายสาระการเรียนรู้ และมีผู้ใช้งานอย่างกว้างขวาง รวมถึงเป็นโปรแกรมโอเพนซอร์ซ โดยโปรแกรม GeoGebra ดังกล่าว มีลักษณะดังต่อไปนี้

1.1) เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างอ็อบเจกต์ทางเรขาคณิตให้มีการรักษาสภาพทางเรขาคณิตได้

1.2) ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ เป็นระบบที่สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนอตรรกยะและเศษส่วนโดยไม่มีการประมาณค่าเป็นทศนิยม รวมทั้งเป็นระบบที่สามารถจัดรูปนิพจน์พีชคณิตให้อยู่ในรูปอย่างง่าย แยกตัวประกอบ แก้สมการและระบบสมการ และหาค่าของฟังก์ชันทางพีชคณิตได้

1.3) การบูรณาการระหว่างเครื่องมือเรขาคณิตพลวัต และระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ เป็นการผสมผสานระหว่างคุณลักษณะของเครื่องมือเรขาคณิตพลวัตและระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การเขียนกราฟของความสัมพันธ์ และการเขียนสคริปต์เพื่อการแสดงผลได้อย่างถูกต้อง

2) การเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี มีดังต่อไปนี้

2.1) ขั้นนำ เป็นขั้นที่ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียนและ / หรือทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรมที่นิสิตครูได้เรียนรู้มาแล้ว

2.2) ขั้นสอน เป็นขั้นที่นิสิตครูได้เรียนรู้การใช้เทคโนโลยี โดยมีแนวทางการดำเนินกิจกรรมดังนี้

(1) นิสิตครูเรียนรู้การใช้งานเครื่องมือเบื้องต้นผ่านการสาธิตจากผู้สอน

(2) นิสิตครูร่วมกันศึกษาเครื่องมือเพิ่มเติมที่เป็นการต่อยอดจากแนวคิดจากสิ่งที่ได้เรียนรู้ในข้อ (1) เป็นรายกลุ่ม

(3) นิสิตครูร่วมกันอภิปรายผลการเรียนรู้การใช้เครื่องมือเพิ่มเติมในข้อ (2) โดยผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม หากมีวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการอื่น ๆ

2.3) ขั้นสรุป เป็นขั้นที่นิสิตครูร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

โดยในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนจะต้องหมั่นตรวจสอบผลการลงมือใช้เทคโนโลยี มีความพร้อมที่จะช่วยเหลือและแก้ปัญหาเมื่อนิสิตครูพบอุปสรรคในการใช้งานเทคโนโลยี รวมทั้งกระตุ้นให้นิสิตได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

นอกจากนี้ เครื่องมือที่นำมาช่วยในการสอนการใช้โปรแกรม GeoGebra แบบออนไลน์ คือเว็บไซต์ GeoGebra Classroom ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถออกแบบการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้ โดยการเรียบเรียงคำถาม และงานปฏิบัติที่กระตุ้นให้นิสิตครูเกิดความอยากรู้อยากเห็น เน้นให้นิสิตครูได้ทำการสร้างและวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ ในแต่ละ Applet รวมไปถึงการสร้างข้อความคาดการณ์ จะช่วยส่งผลให้นิสิตครูสามารถสรุปความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือด้วยตนเองได้ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยให้ผู้สอนสามารถติดตามการทำงาน ตรวจสอบความเข้าใจ และแก้ไขความคลาดเคลื่อนในการทำงานของนิสิตครูได้ทันที

3) การวัดและประเมินผลความรู้ด้านเทคโนโลยี

การวัดและประเมินผลความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู หรือการวัดและประเมินผลความสามารถในการใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครู สามารถพิจารณาได้จากประเด็นดังต่อไปนี้

3.1) **การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต** พิจารณาจากการสร้างทางเรขาคณิตในชิ้นงาน โดยตรวจสอบผ่านการเปลี่ยนตำแหน่งว่าวัตถุที่ได้จากการสร้างมีการรักษาสภาพทางเรขาคณิต และมีการเลือกใช้เครื่องมือการสร้างตามเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่

3.2) **การใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์** พิจารณาจากการใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ ของหน้าต่างระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ และตารางการทำงานในการคำนวณทางพีชคณิตเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง

3.3) **การบูรณาการระหว่างเครื่องมือเรขาคณิตพลวัต และระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์** พิจารณาจากการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการเขียนกราฟของความสัมพันธ์ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้ในการเขียนสคริปต์เพื่อการแสดงผลได้อย่างถูกต้อง

1.2.2 **แนวคิดเกี่ยวกับการเสริมสร้าง** TPACK

1) **ขอบเขตของ** TPACK

TPACK หมายถึง ความรู้ในการบูรณาการระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน สำหรับความหมายของความรู้แต่ละด้านของ TPACK มีดังต่อไปนี้

1.1) **ความรู้ด้านเทคโนโลยี** หมายถึง ความรู้ของนิสิตครูเกี่ยวกับการใช้งานในโปรแกรม GeoGebra รวมถึงการนำหลักการใช้งานไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสม

1.2) **ความรู้ด้านวิธีสอน** หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีทางการศึกษาของนิสิตครูคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร ความรู้เกี่ยวกับวิธีวิทยาการจัดการเรียนรู้ ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการเรียนรู้ของนักเรียน และความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

1.3) **ความรู้ด้านเนื้อหา** หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ของนิสิตครูที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยพิจารณาตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2) **การเสริมสร้าง** TPACK

การเสริมสร้าง TPACK ให้กับนิสิตครูที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา ประกอบไปด้วย 3 ระยะดังต่อไปนี้

ระยะที่ 1 การทำให้เกิดการยอมรับ มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อให้นิสิตครูเกิดการยอมรับการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านการจัดการเรียนการสอนที่เสริมสร้างให้นิสิตครูเห็นถึงการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษาและตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม GeoGebra

ระยะที่ 2 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อให้นิสิตครูเห็นถึงแนวทางในการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษากับวิธีการและเทคนิคการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม การจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ นิสิตครูจะได้ร่วมกันศึกษาและนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน วิธีการและเทคนิคในการสร้างสื่อการเรียนรู้

หรือข้อคำถามเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้สอนกำหนดให้ และแนวทางในการนำชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้สอนกำหนดให้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนหรือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นเรียนตามแนวคิดทางการศึกษาได้อย่างเหมาะสม

ระยะที่ 3 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกประสบการณ์เบื้องต้นในการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา ผ่านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra การจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ นิสิตครูจะได้ออกแบบชิ้นงานจากโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนและวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนในหัวข้อที่สนใจ เมื่อนิสิตครูได้ออกแบบชิ้นงานแล้ว ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้นิสิตครูเห็นแนวทางในการออกแบบชิ้นงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3) **การวัดและประเมินผล** TPACK

การวัดและประเมินผล TPACK มีวิธีการที่หลากหลาย สำหรับในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษากับกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นนิสิตครูชั้นปีที่ 4 ก่อนออกฝึกสอน ที่มีการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นการฝึกการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม GeoGebra ทำให้ได้แนวทางในการวัดและประเมินผล TPACK ของนิสิตครู โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้านดังนี้

3.1) **ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา** เป็นความสามารถของนิสิตครูในการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

3.2) **ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน** เป็นความสามารถของนิสิตครูในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มีการใช้คุณสมบัติของโปรแกรมเพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3) **ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้** เป็นความสามารถของนิสิตครูในการนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้

สำหรับการวัดและประเมินผล TPACK ของนิสิตครูสามารถวัดและประเมินผลจากผลการทำงานของนิสิตครูหรือเครื่องมือต่อไปนี้

(1) งานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ และชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน และวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

(2) แบบสัมภาษณ์ TPACK ของนิสิตครู เป็นแบบสัมภาษณ์โดยใช้งานเป็นฐาน (Task-Based Interview) ซึ่งประกอบด้วยคำถาม 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) คำถามหลัก (Main Questions) เป็นคำถามที่ใช้เปิดประเด็น 2) คำถามเพื่อขอรายละเอียดและความชัดเจน (Probes) ใช้สำหรับกรณีที่คำตอบจากการสัมภาษณ์หลักยังไม่ชัดเจนเพียงพอ หรือผู้สัมภาษณ์อาจมีประเด็นเพิ่มเติม ผู้สัมภาษณ์อาจกระตุ้นให้นิสิตครูที่ถูกสัมภาษณ์แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือช่วยอธิบายให้ละเอียดอีกครั้ง และ 3) คำถามเพื่อตามประเด็น (Follow-up Questions) เป็นคำถามที่มุ่งจะเพิ่มข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่สัมภาษณ์ให้ลึกลงไป และคำถามที่ผู้สัมภาษณ์คิดขึ้นในขณะที่สัมภาษณ์อยู่ โดยแนวคำถามทั้งสามประเภทจะมีลักษณะยืดหยุ่นไปตามสถานการณ์ ไม่ตายตัว และในขณะที่สัมภาษณ์ ผู้วิจัยมีการบันทึกประเด็นสำคัญต่าง ๆ ไว้ในแบบบันทึกของผู้วิจัย

1.2.3 แนวคิดในการใช้โปรแกรม GeoGebra

1) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เป็นแนวคิดหนึ่งที่นักการศึกษานิยมนำมาใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากการสร้างภายในตัวของนักเรียนเอง สำหรับกระบวนการสร้างความรู้ภายในตัวของนักเรียนนั้น มีดังต่อไปนี้

1.1) นักเรียนลงมือปฏิบัติ ผ่านการปฏิสัมพันธ์กับสื่อการเรียนรู้ โดยครูออกแบบกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย และความขัดแย้งทางปัญญา

1.2) นักเรียนคลี่คลายความขัดแย้งทางปัญญานั้น โดยใช้ความรู้เดิมในการเชื่อมโยง และใช้กระบวนการให้เหตุผลหรือการไตร่ตรองผ่านการใช้คำถามของครู จนนำไปสู่การปรับโครงสร้างทางปัญญา และสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง

ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์นั้น สามารถออกแบบโดยใช้วิธีการสอนได้อย่างหลากหลาย

แต่สิ่งสำคัญ คือ สื่อการเรียนรู้ที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra จะต้องมีลักษณะที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับสื่อ แล้วนำไปสู่การสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองได้

2) การวัดและประเมินผล TPACK ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

จากการศึกษาลักษณะของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ทำให้สามารถกำหนดขอบเขตของ TPACK ของนิสิตครูในด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน ได้ดังนี้

TPACK ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน หมายถึง ความสามารถของนิสิตครูในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

2.1) มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ได้ชัดเจน

2.2) เนื้อหาสาระในสื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2.3) สื่อการเรียนรู้มีลักษณะที่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ กล่าวคือเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ มีลักษณะที่สามารถทำให้นักเรียนได้สำรวจหรือสังเกตองค์ประกอบในสื่อการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้

2.4) มีการระบุบทบาทของการใช้สื่อ และข้อคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างชัดเจนในแผนการจัดการเรียนรู้

3) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

เนื่องจากนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยนี้ เป็นนิสิตครูก่อนออกฝึกสอน ซึ่งมุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนให้นิสิตครูสามารถออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ย่อย ๆ ของบทเรียน ดังนั้นหลักการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของงานวิจัยนี้ จะพิจารณาจากแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้แบบย่อย (Formative Assessment) โดยพิจารณาจากคุณลักษณะต่อไปนี้

3.1) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน

3.2) ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด

3.3) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่สามารถใช้ในการประเมินผลของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน

สำหรับบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ที่ใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีดังนี้

(1) โปรแกรม GeoGebra สามารถใช้ในการสร้างโจทย์แบบสุ่มได้อย่างหลากหลาย

(2) โปรแกรม GeoGebra สามารถใช้ในการกำหนดคำสั่งเพื่อแสดงผลในการสะท้อนการทำงานของผู้เรียนได้อย่างอัตโนมัติ และการสะท้อนผลการทำงานนั้นสามารถบอกถึงความถูกต้อง หรือสิ่งที่ผู้เรียนคลาดเคลื่อนในการตอบคำถามได้

4) การวัดและประเมินผล TPACK ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

จากการศึกษาลักษณะของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ทำให้สามารถกำหนดขอบเขตของ TPACK ของนิสิตครูในด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ได้ดังนี้

TPACK ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถของนิสิตครูในการนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ ได้แก่ ความสามารถในการสุ่มข้อคำถาม และความสามารถในการใช้สคริปต์หรือคำสั่งในการแสดงผลเพื่อการสะท้อนผลการทำงานของนักเรียน ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอนและตรวจสอบคุณภาพ

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

2.1 การสร้างรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง)

จากข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขสภาพปัญหาในขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยได้นำมาสร้างรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) ทั้งนี้รูปแบบการสอนประกอบไปด้วยระยะในการดำเนินการ 4 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี (กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อทำให้นิสิตครูมีความรู้ในการใช้โปรแกรม GeoGebra) มีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนดังนี้

(1) ผู้สอนทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้เรียนรู้และ / หรือ ชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน

(2) นิสิตครูเรียนรู้การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ของคาบเรียน

(3) นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra เพิ่มเติมเป็นรายกลุ่ม

(4) นิสิตครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน

ระยะที่ 2 การทำให้เกิดการยอมรับ (กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตครูเกิดการยอมรับการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านการนำเสนอความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษาและตัวอย่างชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra) ระยะนี้แบ่งการจัดการเรียนการสอนออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การนำเสนอแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra มีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนดังนี้

(1) ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน

(2) ผู้สอนนำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

(3) ผู้สอนนำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

(4) นิสิตครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน

ส่วนที่ 2 การอภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra มีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนดังนี้

(1) ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน

(2) นิสิตครูอภิปรายตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นรายกลุ่ม

(3) นิสิตครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน

ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี (กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตครูอภิปรายถึงการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน และอภิปรายถึงวิธีการสร้างชิ้นงานและแนวทางการนำชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนหรือวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์) มีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนดังนี้

(1) ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน

(2) นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาและนำเสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้

(2.1) การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการชั้นเรียน

(2.2) การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน

(2.3) การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

(3) นิสิตครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน

ระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้เทคโนโลยี (กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตครูมีประสบการณ์เบื้องต้นในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra) มีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนดังนี้

(1) ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน

(2) นิสิตครูออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในหัวข้อที่สนใจ

(3) นิสิตครูนำเสนอชิ้นงานที่ได้ออกแบบขึ้น ในประเด็นต่อไปนี้

(3.1) การออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

(3.2) การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

(4) ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น

(5) นิสิตครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน

รายละเอียดของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) อยู่ในภาคผนวก ง

2.2 การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ

รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้ทำการตรวจสอบรูปแบบการสอนโดยให้ได้รับการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ก่อนนำไปทดลองใช้ โดยใช้แบบประเมินซึ่งมีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1: น้อย ระดับ 2: ค่อนข้างน้อย ระดับ 3: ปานกลาง ระดับ 4: ค่อนข้างมาก และระดับ 5: มาก จำนวน 21 รายการ และได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาผลการประเมินจากค่าเฉลี่ยของคะแนนความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเทียบกับเกณฑ์ดังนี้

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมาก

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมค่อนข้างมาก

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมค่อนข้างน้อย

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

เกณฑ์การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญในการวิจัยครั้งนี้ คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของผลการประเมินในแต่ละรายการโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน ตั้งแต่ 3.51 (เหมาะสมค่อนข้างมาก) ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินในแต่ละรายการไม่เกิน 1.00 ถือว่ารูปแบบการสอนมีความเหมาะสมผ่านเกณฑ์ (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538)

2.3 การปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 1

เมื่อรูปแบบการสอนได้รับการประเมินความเหมาะสมและได้รับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ผู้วิจัยได้ปรับปรุงรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จนได้รูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) เพื่อนำไปใช้ในการทดลองนำร่อง ในการตรวจสอบความเป็นไปได้ ความชัดเจน และความเหมาะสมของการจัดการเรียนการสอน และระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนต่อไป สำหรับรายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) อยู่ในภาคผนวก จ

2.4 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือตามรูปแบบการสอนที่กำหนด

2.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้แนวคิดเกี่ยวกับการเสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครู ที่มีความรู้ด้านวิธีสอนและความรู้ด้านเนื้อหา แต่ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วย (1) แนวคิดเกี่ยวกับการเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี (2) แนวคิดเกี่ยวกับการเสริมสร้าง TPACK และ (3) แนวคิดทางการศึกษาในการใช้โปรแกรม GeoGebra (ดังรายละเอียดในบทที่ 2 ตอนที่ 1 - 3)

2) ศึกษาวิเคราะห์และกำหนดเนื้อหา วางแผนจุดประสงค์ในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละคาบเรียน โดยกำหนดระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนทั้งสิ้น 30 ชั่วโมง

3) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งกำหนดไว้ทั้งหมด 15 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบไปด้วย (1) หัวข้อในการจัดการเรียนการสอน (2) จุดประสงค์การเรียนรู้ (3) สาระการเรียนรู้ (4) สื่อการเรียนรู้ (5) กิจกรรมการเรียนการสอน (6) การวัดและประเมินผล และ (7) บันทึกผลหลังการจัดการเรียนการสอน

4) นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ตรวจสอบความเหมาะสม ความเป็นไปได้ของกิจกรรมความสอดคล้องกับรูปแบบการสอนและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ เพื่อให้ข้อเสนอแนะและนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข (ดูตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ได้ในภาคผนวก ง)

2.4.2 งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้แนวคิดเกี่ยวกับคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra (ดังรายละเอียดในบทที่ 2 ตอนที่ 1)

2) วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์ที่ต้องการวัดและประเมินผล กำหนดพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถที่ต้องการวัด เพื่อใช้ในการสร้างงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู

3) สร้างงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู จำนวน 15 ข้อ

4) นำงานปฏิบัติ ที่สร้างเรียบร้อยแล้วไปให้คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และให้ข้อเสนอแนะแล้วนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

5) นำงานปฏิบัติ ที่ปรับปรุงจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์แล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นผู้วิจัยคัดเลือก ข้อคำถามของงานปฏิบัติที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item-Objective Congruence: IOC) ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นคัดเลือกงานปฏิบัติให้เหลือจำนวน 8 ข้อ (ดูรายละเอียดของค่าดัชนีความสอดคล้องของงานปฏิบัติทั้ง 8 ข้อ และงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู ได้ในภาคผนวก ข และ ค ตามลำดับ)

2.4.3 เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครู

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครู โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้แนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล TPACK ของนิสิตครู (ดังรายละเอียดในบทที่ 2 ตอนที่ 2 - 3)

2) วิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสารที่ได้ศึกษาในข้อ 1) เพื่อกำหนดพฤติกรรมที่แสดงถึง TPACK ของนิสิตครู

3) สร้างเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครู โดยแบ่งพฤติกรรมออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

3.1) ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา ประกอบไปด้วยด้านการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra และด้านการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในแต่ละคุณลักษณะของด้านนี้จะมีระดับคะแนนตั้งแต่ 0 คะแนน (น้อยที่สุด) ถึง 3 คะแนน (มากที่สุด)

3.2) ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน ประกอบไปด้วยด้านการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนด้านความสอดคล้องของเนื้อหาสาระในสื่อการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านลักษณะของสื่อการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และด้านการระบุกิจกรรมการเรียนการสอนในแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในแต่ละคุณลักษณะของด้านนี้จะมีระดับคะแนนตั้งแต่ 0 คะแนน (น้อยที่สุด) ถึง 2 คะแนน (มากที่สุด)

3.3) ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย ด้านการกำหนดจุดประสงค์และเกณฑ์การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ด้านการสร้างข้อคำถามในกิจกรรมการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และด้านการใช้สคริปต์หรือคำสั่งในการแสดงผลเพื่อสะท้อนผลการทำงานของนักเรียน ซึ่งในแต่ละคุณลักษณะของด้านนี้จะมีระดับคะแนนตั้งแต่ 0 คะแนน (น้อยที่สุด) ถึง 2 คะแนน (มากที่สุด)

4) นำเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ตรวจสอบความเหมาะสม ความชัดเจนของแต่ละคุณลักษณะ ความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนน และความสอดคล้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ TPACK เพื่อให้ข้อเสนอแนะและนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ (ดูเกณฑ์การให้คะแนนได้ในภาคผนวก ญ)

2.5 การทดลองนำร่อง

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.5.1 การเลือกนิสิตครูกลุ่มนำร่อง

กลุ่มนำร่อง คือ นิสิตครูคณิตศาสตร์ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 38 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งนิสิตครูกลุ่มนี้ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี แต่ได้เรียนวิชาต่าง ๆ ของหลักสูตรที่ทำให้มีความรู้ด้านวิธีสอน (Pedagogical Knowledge) โดยพิจารณาจากกรอบแนวคิดของมิชรา และโคเลอร์ (Mishra & Koehler, 2006) และความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) โดยพิจารณาจากกรอบแนวคิดของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

2.5.2 การดำเนินการทดลองนำร่องและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองนำร่องและเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

1) ผู้วิจัยทดลองใช้รูปแบบการสอนระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง ใช้เวลาดำเนินการทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง โดยการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์กับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง ในช่วงเดือนตุลาคม 2564 ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนเอง และหลังการจัดการเรียนการสอนในแต่ละคาบเรียนผู้วิจัยให้

นิสิตครูเขียนสะท้อนผลการเรียน และข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนโดยส่งผ่านระบบ Google Forms ทุกครั้ง

2) ผู้วิจัยให้นิสิตครูกลุ่มนำร่อง ทำงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูจำนวน 8 ข้อ

3) ผู้วิจัยประเมินผลการทำงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู เพื่อวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของงานปฏิบัติ ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความยากง่ายของงานปฏิบัติแต่ละข้อมีค่าตั้งแต่ 0.34 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนกของงานปฏิบัติแต่ละข้อมีค่าตั้งแต่ 0.21 – 0.39 และค่าความเชื่อมั่นของงานปฏิบัติ มีค่าเท่ากับ 0.73 (ดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ข)

4) ผู้วิจัยทดลองใช้รูปแบบการสอนระยะที่ 2 – 4 ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการเสริมสร้างการบูรณาการระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาของนิสิตครู ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 8 แผน ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง ใช้เวลาดำเนินการทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง (ระยะที่ 2 และระยะที่ 3 มีแผนการจัดการเรียนรู้ระยะละ 3 แผน และระยะที่ 4 มีแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 2 แผน) โดยการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์กับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2564 ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสอนเอง และหลังการจัดการเรียนการสอนในแต่ละคาบเรียนผู้วิจัยให้นิสิตครูเขียนสะท้อนผลการเรียน และข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนโดยส่งผ่านระบบ Google Forms ทุกครั้ง

5) ผู้วิจัยให้นิสิตครูกลุ่มนำร่อง ทำงานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ TPACK ของนิสิตครูกลุ่มนำร่องหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอน

6) ผู้วิจัยประเมินผลการทำงานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนิสิตครูกลุ่มนำร่องหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอน

7) ผู้วิจัยเรียบเรียงประเด็นที่พบจากการจัดการเรียนการสอน และข้อเสนอแนะของนิสิตครูในแต่ละคาบเรียน เพื่อนำมาปรับปรุงรูปแบบการสอนให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.6 การปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 2

การปรับปรุงรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ภายหลังจากการนำรูปแบบการสอนที่สร้างขึ้นไปทดลองนำร่องกับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง เป็นการปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 2 ซึ่งดำเนินการโดยการรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติจริงทั้งในส่วนที่เป็นจุดบกพร่องหรือส่วนที่เห็นว่าสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้ และรวบรวมข้อมูลจากข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนของนิสิตครูกลุ่มนำร่อง เพื่อให้ได้รูปแบบการสอนที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น สำหรับรูปแบบการสอนที่ได้ปรับปรุงแล้วในครั้งนี้ จะขอเรียกว่า รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ซึ่งแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ฉ

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองรูปแบบการสอนในสถานการณ์จริง

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.1 การเลือกนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นิสิตครูคณิตศาสตร์ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 31 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง โดยนิสิตครูกลุ่มนี้ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี แต่ได้เรียนวิชาต่าง ๆ ของหลักสูตรซึ่งทำให้มีความรู้ด้านวิธีสอน (Pedagogical Knowledge) โดยพิจารณาจากกรอบแนวคิดของมิชรา และโคเลอร์ (Mishra & Koehler, 2006) และความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) โดยพิจารณาจากกรอบแนวคิดของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการเลือกผู้ให้ข้อมูล จำนวน 3 คน เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับ TPACK โดยพิจารณาเลือกจากผลการทำงานปฏิบัติ การออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่สะท้อนถึง TPACK ของนิสิตครูในแต่ละด้านที่แตกต่างกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์ชิ้นงาน (Content Analysis) และสัมภาษณ์โดยใช้งานเป็นฐาน (Task-Based Interview) กับผู้ให้ข้อมูลในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra

3.2 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

1) ผู้วิจัยทดลองใช้รูปแบบการสอนระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 9 แผน ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง ใช้เวลาดำเนินการทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง โดยการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์กับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายในช่วงเดือนมีนาคม 2565 ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสอนเอง และหลังการจัดการเรียนการสอนในแต่ละคาบเรียนผู้วิจัยให้นิสิตครูเขียนสะท้อนผลการเรียน และข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนโดยส่งผ่านระบบ Google Forms ทุกครั้ง

2) ผู้วิจัยให้นิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ทำงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูจำนวน 8 ข้อ เพื่อเก็บรวบรวมความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู

3) ผู้วิจัยประเมินผลการทำงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู เพื่อตรวจสอบประสิทธิผลของรูปแบบการสอนในด้านความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู โดยกำหนดเกณฑ์คือ จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

4) ผู้วิจัยให้นิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ทำงานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอน

5) ผู้วิจัยประเมินผลการทำงานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอน

6) ผู้วิจัยวิเคราะห์งานและสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลจำนวน 3 คน โดยใช้งานเป็นฐานเพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับ TPACK ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนระยะที่ 2 - 4 ซึ่งคัดเลือกมาจากการวิเคราะห์งานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สะท้อนถึง TPACK ของนิสิตครูที่แตกต่างกัน

7) ผู้วิจัยทดลองใช้รูปแบบการสอนระยะที่ 2 – 4 โดยเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการเสริมสร้างการบูรณาการระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและ

เนื้อหาของนิสิตครู ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง ใช้เวลาดำเนินการทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง (แต่ละระยะแบ่งการจัดการเรียนการสอนระยะละ 2 แผน) โดยการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์กับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายในช่วงเดือนเมษายน 2565 ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสอนเอง และหลังการจัดการเรียนการสอนในแต่ละคาบเรียนผู้วิจัยให้นิสิตครูเขียนสะท้อนผลการเรียน และข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนโดยส่งผ่านระบบ Google Forms ทุกครั้ง

8) ผู้วิจัยให้นิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ทำงานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอน

9) ผู้วิจัยประเมินผลการทำงานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอน และตรวจสอบประสิทธิผลของรูปแบบการสอนในด้าน TPACK ของนิสิตครู โดยกำหนดเกณฑ์คือ จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

10) ผู้วิจัยวิเคราะห์งานและสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลโดยใช้งานเป็นฐาน เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับ TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนระยะที่ 2 - 4 ซึ่งคัดเลือกมาจากการวิเคราะห์งานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สะท้อนถึง TPACK ของนิสิตครูที่แตกต่างกัน

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน

การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน แบ่งเป็น 3 ส่วน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

1) คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากเครื่องมือที่ใช้กับผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอน ได้แก่ แบบประเมิน “รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง)”

2) หาจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มเพื่อหาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ด้านความรู้ด้านเทคโนโลยี

3) หาจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มเพื่อหาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ด้าน TPACK

4) หาจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอน

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อตรวจสอบ TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ มีขั้นตอนดังนี้

1) นำงานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ของผู้ให้ข้อมูลก่อนและหลังการทดลองมาทำการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

2) นำผลการสัมภาษณ์โดยใช้งานเป็นฐาน (Task-Based Interview) ของผู้ให้ข้อมูล มาใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์งานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้ให้ข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง เพื่อตีความหมาย และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้ เพื่อจัดหมวดหมู่ลักษณะของงาน แล้วเปรียบเทียบ วิเคราะห์ผล และอภิปรายผลเกี่ยวกับ TPACK ของนิสิตครูต่อไป

4.3 การปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 3

การปรับปรุงรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ภายหลังจากการนำรูปแบบการสอนที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้ในสถานการณ์จริงกับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย เป็นการปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งสุดท้าย ซึ่งดำเนินการโดยการรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติจริงทั้งในส่วนที่เป็นจุดบกพร่องหรือส่วนที่เห็นว่าสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้ และรวบรวมข้อมูลจากข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนจากนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้รูปแบบการสอนนี้เป็นรูปแบบการสอนที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น สำหรับรูปแบบการสอนที่ได้ปรับปรุงแล้วในครั้งนี้ จะขอเรียกว่า รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) สำหรับรายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) อยู่ในภาคผนวก ช

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ซึ่งมีความมุ่งหมายของการวิจัยได้แก่ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ 2) เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ และ 3) เพื่อศึกษา TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายของการวิจัย ผู้วิจัยขอนำเสนอโดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 ประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

ตอนที่ 3 ผลการศึกษา TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

1.1 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) โดยผู้เชี่ยวชาญ

รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครู (ฉบับร่าง) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ทำการตรวจสอบรูปแบบการสอนโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประเมินความเหมาะสมเพื่อนำรูปแบบการสอนไปปรับปรุงก่อนนำไปทดลองนำร่อง โดยใช้แบบประเมินซึ่งมีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1: น้อย ระดับ 2: ค่อนข้างน้อย ระดับ 3: ปานกลาง ระดับ 4: ค่อนข้างมาก และระดับ 5: มาก จำนวน 21 รายการ (ตามรายละเอียดในภาคผนวก ซ) ผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน เห็นว่ารูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ที่สร้างขึ้นนี้มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการเสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครู ผลจากการนำคะแนนความเหมาะสมของแต่ละรายการมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏดังตาราง 3 ต่อไปนี้

ตาราง 3 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ยเลขคณิต $(\bar{X})$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s)
		1	2	3	4	5		
1	การกำหนดระยะในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนมี 4 ระยะ	5	5	5	4	4	4.60	0.5477
2	การกำหนดขั้นตอนของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	5	5	5	5	4	4.80	0.4472
3	การกำหนดวัตถุประสงค์ ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	4	5	5	5	5	4.80	0.4472
4	การกำหนดแนวคิดของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	5	4	5	5	5	4.80	0.4472
5	การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	5	5	5	5	4	4.80	0.4472
6	การกำหนดขั้นตอนของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	5	5	5	5	4	4.80	0.4472
7	การกำหนดวัตถุประสงค์ ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	5	5	5	5	4	4.80	0.4472
8	การกำหนดแนวคิดของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	5	5	5	5	5	5.00	0
9	การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	5	5	5	5	4	4.80	0.4472
10	การกำหนดขั้นตอนของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	5	5	5	5	4	4.80	0.4472
11	การกำหนดวัตถุประสงค์ ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	4	5	5	5	4	4.60	0.5477
12	การกำหนดแนวคิดของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	5	5	5	5	5	5.00	0
13	การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	5	5	5	5	4	4.80	0.4472
14	การกำหนดขั้นตอนของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	5	5	5	5	4	4.80	0.4472
15	การกำหนดวัตถุประสงค์ ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	4	5	5	5	4	4.60	0.5477
16	การกำหนดแนวคิดของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	5	5	5	5	5	5.00	0
17	การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	5	5	5	5	4	4.80	0.4472
18	การกำหนดขั้นตอนของรูปแบบการสอนในระยะที่ 4	4	5	5	5	5	4.80	0.4472
19	การกำหนดวัตถุประสงค์ ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 4	5	5	5	5	4	4.80	0.4472
20	การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 4	4	5	5	5	4	4.60	0.5477
21	การจัดวางแผนผังเพื่อนำเสนอรูปแบบการสอน มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0

จากตาราง 3 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินทุกข้อรายการมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.60 ขึ้นไป และทุกข้อรายการมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ดังนั้นจึงผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ว่า

รูปแบบการสอนที่เหมาะสมต้องมีค่าเฉลี่ยของผลการประเมินในแต่ละรายการโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน ตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินในแต่ละรายการไม่เกิน 1.00 จึงกล่าวได้ว่า ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เพื่อเสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลการประเมินค่าเฉลี่ยของคะแนนความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่ารายการประเมินที่มีความเหมาะสมมาก (ช่วงคะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00) ในทุกรายการประเมิน ทั้งนี้ประเด็นสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการปรับปรุงรูปแบบการสอน ได้แก่ การกำหนดวัตถุประสงค์และรายละเอียดของการจัดกิจกรรมในแต่ละระยะของรูปแบบการสอนให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และการพิจารณาถึงการปรับระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละระยะของรูปแบบการสอนให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

1.2 ผลการใช้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง)

1.2.1 ระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี

จากการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยีกับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง พบประเด็นในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1) ในบางคาบเรียนจำเป็นต้องให้เวลานิสิตครูในการทำกิจกรรมกลุ่มมากขึ้น เช่น ในกิจกรรมการสร้างรูปเรขาคณิตพื้นฐานโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต จำนวน 8 รูป ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน รูปสี่เหลี่ยมคางหมู รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว และรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งในแผนการจัดการเรียนรู้ได้กำหนดระยะเวลาให้นิสิตครูทำกิจกรรมเป็นเวลา 15 นาที แต่เมื่อทดลองสอนนำร่องพบว่า ในระยะเวลา 15 นาที นิสิตครูแต่ละกลุ่มสามารถสร้างรูปได้เพียง 2 – 3 รูปเท่านั้น ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องให้เวลาเพิ่มอีก 15 นาที จึงทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มสามารถสร้างรูปได้เกินครึ่งหนึ่งของรูปที่กำหนดทั้งหมด (ตั้งแต่ 4 รูปขึ้นไป) สำหรับกรณีรูปอื่น ๆ ที่ยังไม่สามารถสร้างได้ในระยะเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยแก้ปัญหาโดยมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มไปศึกษาเพิ่มเติม แล้วนำเสนอผลการศึกษาในคาบเรียนถัดไป

2) ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ในระยะที่ 1 จำนวน 6 แผน เมื่อนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ทดลองสอนนำร่องพบว่า ไม่สามารถสอนเนื้อหาได้ทันตามที่กำหนด อีกทั้งเมื่อพิจารณาเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้อีกครั้ง พบว่า มีเนื้อหาบางส่วนที่เป็นเทคนิค

ค่อนข้างเฉพาะเจาะจง เช่น การใช้สคริปต์ในการเปลี่ยนสีอ็อบเจกต์ และเปลี่ยนขนาดของตัวอักษร ซึ่งสคริปต์เหล่านี้นิสิตครูสามารถศึกษาและต่อยอดองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ ผู้วิจัยจึงปรับปรุงโดยการปรับเนื้อหาสาระการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ให้มีความเหมาะสมกับระยะเวลา และกำหนดเนื้อหาที่มีความเฉพาะเจาะจงบางส่วน ไปเป็นงานมอบหมายให้นิสิตครูศึกษาตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม GeoGebra ในระยะที่ 3 ของรูปแบบการสอน จึงทำให้ได้ว่า เมื่อปรับปรุงรูปแบบการสอนแล้ว ในระยะที่ 1 นี้จะมีแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น จำนวน 9 แผน

3) ผลการวิเคราะห์ประเด็นเกี่ยวกับข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนจากนิสิตครูกลุ่มนำร่อง พบประเด็นที่ควรปรับปรุงในการจัดการเรียนการสอนได้แก่ (1) ผู้วิจัยสอนค่อนข้างเร็วและให้เวลานิสิตครูในการถามข้อสงสัยน้อยเกินไป และ (2) นิสิตครูต้องการให้ผู้วิจัยทำสรุปเนื้อหาหรือหัวข้อที่ได้เรียนเป็นเอกสารไฟล์ PDF จากข้อเสนอแนะข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแก้ไขการจัดการเรียนการสอนโดยการเพิ่มการเว้นจังหวะและลดความเร็วในการบรรยายลง รวมไปถึงใช้วิธีการเพื่อกระตุ้นให้นิสิตครูมีการโต้ตอบกับผู้วิจัยระหว่างการจัดการเรียนการสอน เช่น การใช้ Reaction ในระบบของโปรแกรม Zoom ในการโต้ตอบเพื่อตรวจสอบจำนวนนิสิตครูที่สามารถลงมือทำในแต่ละกิจกรรมได้ และเปิดโอกาสให้นิสิตครูสอบถามรายละเอียดต่าง ๆ เพิ่มเติมทั้งในคาบเรียน และหลังจบคาบเรียน ในส่วนของการทำสรุปเนื้อหา ผู้วิจัยได้รวบรวมหัวข้อที่ได้จัดการเรียนการสอนในระยะที่ 1 และขั้นตอนการใช้เครื่องมือโดยสังเขปเป็นไฟล์ PDF แล้วส่งให้นิสิตครูได้ศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

1.2.2 ระยะที่ 2 การทำให้เกิดการยอมรับ

จากการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 2 การทำให้เกิดการยอมรับกับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง พบประเด็นในการจัดการเรียนการสอนดังนี้

1) ในส่วนที่ 1 การนำเสนอแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra พบว่า สามารถจัดการเรียนการสอนได้ตามระยะเวลาที่กำหนด อย่างไรก็ตาม เมื่อให้นิสิตครูตอบคำถามท้ายบทเรียน พบว่า นิสิตครูสามารถตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 50 เท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสอนในส่วนนี้ ผู้วิจัยใช้การบรรยายเป็นหลัก โดยไม่ได้ใช้คำถามกับนิสิตครูเพื่อให้ร่วมกันอภิปรายและสะท้อนคิดแนวคิดต่าง ๆ ได้มากเพียงพอ ผู้วิจัยจึงปรับปรุงโดยมีการใช้คำถามให้มากขึ้น และเพิ่มเกี่ยวกับตัวอย่างเบื้องต้นของการออกแบบชิ้นงานในโปรแกรม

GeoGebra ที่สอดคล้องกับแนวคิดที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน เพื่อให้นิสิตครูได้เห็นตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนในคาบเรียนมากขึ้น

2) ในส่วนที่ 2 การอภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra พบว่า หลังจากที่นิสิตครูแต่ละกลุ่มอภิปรายการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษากับการออกแบบชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม GeoGebra จำนวน 2 ตัวอย่างแล้ว นิสิตครูสามารถอภิปรายในตัวอย่างต่อ ๆ ไปได้ในลักษณะเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ในตอนแรกผู้วิจัยได้กำหนดตัวอย่างของชิ้นงานที่จะนำมาอภิปรายในขั้นนี้จำนวน 6 ตัวอย่าง แต่เมื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนจริง พบว่า บางตัวอย่างมีประเด็นในการอภิปรายที่ซ้ำซ้อน (กล่าวคือ ใช้แนวคิดทางการศึกษาเชื่อมโยงในลักษณะเดียวกัน แต่เปลี่ยนเพียงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์) ดังนั้น ในส่วนนี้ผู้วิจัยจึงพิจารณาลดจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการอภิปรายจากเดิม 6 ตัวอย่าง เป็น 4 ตัวอย่าง และลดระยะเวลาของกิจกรรมลง โดยจากเดิมในส่วนนี้กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน และเมื่อปรับปรุงแล้ว ในส่วนนี้ได้กำหนดให้เหลือแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 1 แผน

3) ผลการวิเคราะห์ประเด็นเกี่ยวกับข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนจากนิสิตครูกลุ่มนำร่อง พบประเด็นที่ควรปรับปรุงในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ (1) อยากให้ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นิสิตครูร่วมกันอภิปรายแนวคิดทางการศึกษามากขึ้น และ (2) ตัวอย่างที่ให้อภิปรายค่อนข้างมีความซ้ำซ้อน จากข้อเสนอแนะดังกล่าว ผู้วิจัยจึงดำเนินการแก้ไขปรับปรุงดังรายละเอียดในข้อ 1) และ 2)

1.2.3 ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี

จากการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีกับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง พบว่า นิสิตครูบางกลุ่มใช้เวลาในการนำเสนอค่อนข้างมาก ทั้งนี้เนื่องจากนิสิตครูบางกลุ่มนำเสนอขั้นตอนการสร้างชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ทุกขั้นตอน ซึ่งบางขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานนั้น เป็นสิ่งที่ผู้วิจัยได้สอนในระยะที่ 1 แล้ว ทำให้นิสิตครูหลายกลุ่มไม่ได้นำเสนอในประเด็นของการยกตัวอย่างการนำชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายให้ศึกษา ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนหรือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ได้มากเท่าที่ควร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหานี้โดยการเน้นย้ำกับนิสิตครูกลุ่มถัดไปถึงประเด็นในการนำเสนอ ให้นำเสนอเฉพาะเทคนิคเกี่ยวกับการสร้างชิ้นงานที่ผู้วิจัยยังไม่ได้สอนในระยะที่ 1 รวมถึงใช้คำถามเพิ่มเติมกับนิสิตครูบางกลุ่มที่อาจไม่ได้ยกตัวอย่างการนำชิ้นงานที่ได้รับ

มอบหมายให้ศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนหรือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ สำหรับแนวทางในการปรับปรุงในการสอนเพื่อทดลองใช้ในสถานการณ์จริงนั้น ผู้วิจัยจะดำเนินการชี้แจงประเด็นในการนำเสนอของนิสิตครูให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

1.2.4 ระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี

จากการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีกับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง พบประเด็นในการจัดการเรียนการสอนดังนี้

1) เมื่อผู้วิจัยได้มอบหมายให้นิสิตครูฝึกออกแบบชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ตามแนวทางของ งานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งในงานปฏิบัตินี้นิสิตครูจะต้องออกแบบ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน และ 3) ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเมื่อผู้วิจัยมอบหมายงานปฏิบัติแล้ว พบว่านิสิตครูบางคนไม่เข้าใจรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ว่าควรเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอนอย่างไร ในส่วนนี้ผู้วิจัยแก้ปัญหาโดยการนำเสนอตัวอย่างของแผนการจัดการเรียนรู้ให้กับนิสิตครู พร้อมทั้งความสอดคล้องของการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ กับชิ้นงาน และแนวคิดทางการศึกษาในการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อให้นิสิตครูเห็นภาพมากขึ้น ก่อนที่จะให้นิสิตครูลงมือฝึกปฏิบัติจริง

2) เนื่องจากในการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 1 ได้ใช้ระยะเวลามากกว่าปกติ ผู้วิจัยจึงพิจารณาปรับลดระยะเวลาในการให้นิสิตครูฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี จากเดิมใช้เวลา 3 แผน (3 สัปดาห์) เหลือ 2 แผน (2 สัปดาห์) ซึ่งพบว่านิสิตครูสามารถออกแบบชิ้นงานได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด และมีเวลาเพียงพอที่ผู้วิจัยสามารถให้ข้อเสนอแนะการออกแบบชิ้นงานของนิสิตครูได้

1.3 ผลการใช้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง)

1.3.1 ระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี

จากการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยีกับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย พบประเด็นในการจัดการเรียนการสอนดังนี้

1) ผู้วิจัยได้ปรับความเหมาะสมของเนื้อหากับระยะเวลา และใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้นิสิตครูได้มีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนมากขึ้น ผ่านการใช้ Reaction ในโปรแกรม Zoom ในการแสดงเป็นสัญลักษณ์ว่า นิสิตครูสามารถทำกิจกรรมใน GeoGebra Classroom ได้หรือไม่ ส่งผลให้นิสิตครูกลุ่มเป้าหมายสามารถทำความเข้าใจการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ได้ดีขึ้นกว่าการจัดการเรียนการสอนจากการทดลองนำร่อง เมื่อพิจารณาข้อเสนอแนะที่นิสิตครูกลุ่มเป้าหมายได้แสดงความคิดเห็นหลังการจัดการเรียนการสอนโดยภาพรวมส่วนใหญ่ระบุว่า ความเร็วในการจัดการเรียนการสอนกำลังดี และรู้สึกว่าได้มีส่วนร่วมในชั้นเรียนอย่างมากถึงแม้จะเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์

2) ผู้วิจัยได้ลดเนื้อหาที่มีความเฉพาะเจาะจงในขั้นนี้ลง เช่น การใช้สคริปต์ในการเปลี่ยนสีอ็อบเจกต์และขนาดตัวอักษร และการบูรณาการระหว่างเครื่องมือเรขาคณิตพลวัตและระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ในการสร้างแผนภาพเวนน์ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีนิสิตครูส่วนหนึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนว่า อยากให้ลดเนื้อหาที่มีความเฉพาะเจาะจงบางอย่างลงอีก เนื่องจากมองว่าเนื้อหาบางอย่างนิสิตครูสามารถศึกษาด้วยตนเองได้ และการที่ผู้วิจัยสอนเนื้อหาที่ลงรายละเอียดค่อนข้างมากอาจจะทำให้ผู้วิจัยสอนไม่ทันตามที่กำหนด ซึ่งส่งผลให้ผู้วิจัยต้องสอนเร็วขึ้น สำหรับข้อเสนอแนะนี้ ผู้วิจัยได้พิจารณาเนื้อหาที่ใช้ในการสอนในระยะที่ 1 อีกครั้ง และมีความคิดเห็นว่า ในการนำรูปแบบการสอนนี้ไปขยายผล อาจลดเนื้อหาที่มีความเฉพาะเจาะจงอีกหัวข้อหนึ่งที่ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนหลายครั้ง เช่น การใช้สคริปต์ในการสร้างปุ่มทำงานเพื่อการตอบคำถาม และการบูรณาการระหว่างเครื่องมือเรขาคณิตพลวัตและระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ในการเขียนกราฟของฟังก์ชันตรีโกณมิติที่อาจมีหลายฟังก์ชัน เป็นต้น โดยอาจพิจารณานำหัวข้อนี้ไปไว้ในระยะที่ 3 หรือมอบหมายเป็นงานให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาด้วยตนเอง

3) ด้านความเหมาะสมของระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน พบว่า ผู้วิจัยสามารถจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนระยะที่ 1 ในสถานการณ์จริงได้ตามระยะเวลาที่กำหนด

1.3.2 ระยะที่ 2 การทำให้เกิดการยอมรับ

จากการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 2 การทำให้เกิดการยอมรับกับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายพบประเด็นในการจัดการเรียนการสอนดังนี้

1) ในส่วนที่ 1 การนำเสนอแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra พบว่า สามารถจัดการเรียนการสอนได้ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยการจัดการเรียนการสอนในสถานการณ์จริงนี้ ผู้วิจัยได้ใช้คำถามกับนิสิตครูมากขึ้น และใช้ GeoGebra Classroom เป็นสื่อกลางในการให้นิสิตครูศึกษาตัวอย่างเบื้องต้นของการออกแบบชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ที่สอดคล้องกับแนวคิดที่ได้เรียนในคาบเรียน โดยให้นิสิตครูเขียนสะท้อนคิดถึงลักษณะของชิ้นงานที่พบผ่านการตอบคำถามใน GeoGebra Classroom ผลของการสะท้อนคิดของนิสิตครู พบว่า นิสิตครูส่วนใหญ่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชิ้นงานที่มีความสอดคล้องกับชิ้นงานที่ไม่มีความสอดคล้องกับแนวคิดทางการศึกษาได้ และเมื่อให้นิสิตครูตอบคำถามท้ายบทเรียน พบว่า นิสิตครูสามารถตอบคำถามถูกต้องร้อยละ 70 ในส่วนนี้ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า อาจปรับปรุงโดยเพิ่มการยกตัวอย่างเปรียบเทียบลักษณะของชิ้นงานที่มีความสอดคล้องกับไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางการศึกษาให้มากขึ้น และปรับการใช้คำถามเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน โดยจากเดิมที่ใช้คำถามท้ายบทเรียนเท่านั้นเป็นการใช้คำถามเมื่อจบแต่ละหัวข้อในการอภิปราย เนื่องจากในการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยพบปัญหาว่า นิสิตครูบางส่วนไม่สามารถตอบคำถามได้ เนื่องจากลืมบทเรียนที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว

2) ในส่วนที่ 2 การอภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra พบว่า เมื่อผู้วิจัยลดจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้และระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนในส่วนนี้ลง นิสิตครูแต่ละกลุ่มยังสามารถอภิปรายการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษากับการออกแบบชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ได้เป็นอย่างดี

3) ผลการวิเคราะห์ประเด็นเกี่ยวกับข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนจากนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย พบว่า รูปแบบการสอนในระยะที่ 2 นี้ ส่งผลให้นิสิตครูมีความเชื่อว่าโปรแกรม GeoGebra สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนและวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ เนื่องจากนิสิตครูส่วนใหญ่ได้ให้ความคิดเห็นจากการจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ว่า ตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนั้น สามารถช่วยให้นิสิตครูเห็นภาพในการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในชั้นเรียนจริงได้เป็นอย่างมาก

1.3.3 ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี

ในการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีกับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อในการนำเสนอผลการศึกษาชิ้นงานการออกแบบการจัดการเรียนการสอน หรือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ได้แก่ 1) วิธีการหรือเทคนิคในการออกแบบชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายให้ศึกษา ซึ่งผู้วิจัยไม่เคยสอนหรือแนะนำมาก่อน และ 2) การนำชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายให้ศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน หรือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งการระบุหัวข้อในการนำเสนอส่งผลให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มสามารถนำเสนอได้ตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม มีนิสิตครูบางกลุ่มใช้เวลาในการนำเสนอค่อนข้างมาก และยังไม่กระชับเท่าที่ควร ส่งผลให้นิสิตครูที่นำเสนอกลุ่มหลังมีเวลาในการนำเสนอค่อนข้างจำกัด ในประเด็นนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า นอกจากกำหนดประเด็นในการนำเสนอให้ชัดเจนแล้ว ควรกำหนดระยะเวลาในการนำเสนอของนิสิตครูแต่ละกลุ่มให้ชัดเจนด้วยเช่นเดียวกัน

1.3.4 ระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี

ในการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีกับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยได้เพิ่มรายละเอียดเกี่ยวกับ งานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยนำเสนอตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ให้กับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย และใช้ระยะเวลา 2 สัปดาห์ (2 แผน) การจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ พบว่า สามารถจัดการเรียนการสอนได้ตามระยะเวลาที่กำหนด และนิสิตครูสามารถออกแบบชิ้นงานได้ค่อนข้างสอดคล้องกับแนวคิดทางการศึกษา

1.4 ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอน

เพื่อให้รูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรูปแบบการสอนที่มีความสมบูรณ์ สามารถนำไปใช้ในการเสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมผลที่ได้จากการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) โดยผู้เชี่ยวชาญ ผลที่ได้จากใช้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) กับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง และ ผลที่ได้จากการใช้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) กับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งแสดงรายละเอียดทั้งหมดของการปรับปรุงรูปแบบการสอนดังตาราง 4

ตาราง 4 รายละเอียดทั้งหมดของการปรับปรุงรูปแบบการสอน

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
1. การกำหนดระยะในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนมี 4 ระยะ	ระยะที่ 1 : การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี ระยะที่ 2 : การทำให้เกิดการยอมรับในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ระยะที่ 3 : การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี ระยะที่ 4 : การฝึกออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
2. การกำหนดขั้นตอนของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	ลำดับการระบุกิจกรรมในขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากการทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้เรียนรู้ แล้วจึงชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ปรับลำดับของขั้นตอนที่ 1 ใหม่เป็น ชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน และ / หรือ ทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้เรียนรู้ เนื่องจากในคาบเรียนแรกนั้น นิสิตครูยังไม่ได้เรียนรู้การใช้โปรแกรม GeoGebra ผู้สอนจึงจำเป็นต้องชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ก่อน	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
3. การกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)
4. การกำหนดแนวคิดของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	ในแนวคิดของการทบทวน ไม่มีการระบุว่ามีการใช้โปรแกรม GeoGebra Classic ในการทบทวนการใช้โปรแกรม	ในแนวคิดของการทบทวน มีการระบุเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม GeoGebra Classic เป็นสื่อกลางในการทบทวน เนื่องจากการใช้โปรแกรมดังกล่าว จะสามารถช่วยให้นิสิตครูฝึกการใช้เครื่องมือในสภาพจริงที่ไม่ได้มีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งช่วยทำให้นิสิตครูเห็นภาพและรู้จักการเลือกใช้เครื่องมือที่ได้เรียนรู้มาแล้วในการสร้างสื่อการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
5. การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	1. ไม่มีการระบุว่าเนื้อหาแต่ละเรื่องปรากฏอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ใด 2. กำหนดการจัดการเรียนการสอนไว้ 6 แผนการจัดการเรียนรู้	1. เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง) 2. เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	1. เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง) 2. ปรับกำหนดการจัดการเรียนการสอนเป็น 9 แผนการจัดการเรียนรู้	1. ปรับเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 โดยตัดเนื้อหาที่มีความเฉพาะเจาะจงออก คือ การใช้สคริปต์ในการสร้างแบบทดสอบ 2. เหมือนเดิมตามฉบับหลังการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)
6. การกำหนดขั้นตอนของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
7. การกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	1. กำหนดวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 1 คือ เพื่อให้นิสิตครูสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียนได้ 2. กำหนดวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 2 คือ เพื่อให้นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 3. กำหนดวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 3 คือ เพื่อให้นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	1. ปรับวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 1 เป็นเพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน 2. ปรับวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 2 เป็นเพื่อให้นิสิตครูสามารถระบุแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 3. ปรับวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 3 เป็นเพื่อให้นิสิตครูสามารถระบุแนวคิดเกี่ยวกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
7. การกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1 (ต่อ)	4. กำหนดวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 4 คือ เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	4. ปรับวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 4 เป็นเพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)
8. การกำหนดแนวคิดของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
9. การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	1. การระบุกิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 และ 3 มีลักษณะเป็นการบรรยายแนวคิดทางการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ โดยใช้สื่อ PowerPoint เป็นหลัก 2. แผนการจัดการเรียนรู้เน้นการบรรยายโดยใช้สื่อ PowerPoint เป็นหลัก	1. เพิ่มกิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 และ 3 ในส่วนของการยกตัวอย่างให้นิสิตครูเปรียบเทียบลักษณะสื่อการเรียนรู้และตัวอย่างของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 2. เพิ่มกิจกรรมการยกตัวอย่างให้นิสิตครู<u>เปรียบเทียบ</u>ถึงลักษณะของสื่อการเรียนรู้และตัวอย่างของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในขั้นสอนของแผนการจัดการเรียนรู้	1. เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง) 2. เพิ่มกิจกรรมในการให้นิสิตครู<u>อภิปราย</u>ในแผนการจัดการเรียนรู้ เช่น ในขั้นสอนมีการเพิ่มกิจกรรมให้นิสิตครูยกตัวอย่างปัญหาที่พบจากการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน เป็นต้น	1. เพิ่มกิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 และ 3 โดยระบุเกี่ยวกับการใช้เว็บไซต์ Quizizz ในการตรวจสอบความเข้าใจเมื่อนิสิตครูเรียนจบในแต่ละขั้นตอน 2. ในขั้นสอน มีการเพิ่มกิจกรรมให้นิสิตครู<u>ตรวจสอบความรู้</u>ผ่านการตอบคำถามในเว็บไซต์ Quizizz เมื่อนิสิตครูเรียนจบในแต่ละประเด็น

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
10. การกำหนดขั้นตอนของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	1. ในขั้นตอนที่ 1 ไม่ได้ระบุถึงการทบทวนแนวคิดทางการศึกษากับการใช้โปรแกรม GeoGebra 2. ในขั้นตอนที่ 2 ระบุให้นิสิตครูร่วมกันศึกษา และอภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เท่านั้น	1. ปรับขั้นตอนที่ 1 โดยเพิ่มการทบทวนแนวคิดทางการศึกษากับการใช้โปรแกรม GeoGebra ก่อนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน 2. ปรับขั้นตอนที่ 2 โดยเพิ่มการสะท้อนคิด และการเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้แสดงความคิดเห็นผ่านการยกตัวอย่างแนวคิดในการนำไปใช้เพิ่มเติม	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
11. การกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	1. ขั้นตอนที่ 1 มีวัตถุประสงค์ 1 ข้อ คือ เพื่อให้นิสิตครูสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียนได้ 2. ขั้นตอนที่ 3 มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อให้นิสิตครูทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	1. ปรับวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 1 เป็น 2 ข้อ ได้แก่ 1) เพื่อให้นิสิตครูได้ทบทวนแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2) เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน 2. ปรับวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 3 เป็นเพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับหลักการในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
12. การกำหนดแนวคิดของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	ในขั้นตอนที่ 1 ไม่ได้มีการระบุแนวคิดเกี่ยวกับการทบทวนแนวคิดทางการศึกษาก่อนเริ่มทำกิจกรรมอภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	ในขั้นตอนที่ 1 มีการระบุแนวคิดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทบทวนแนวคิดทางการศึกษาก่อนเริ่มทำกิจกรรมอภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
13. การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	1. ในขั้นตอนที่ 1 ไม่มีกิจกรรมการทบทวนเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. ในขั้นตอนที่ 2 ข้อที่ 3 ไม่มีการให้นิสิตครูเสนอแนวคิดและยกตัวอย่างในการนำตัวอย่างชิ้นงานของโปรแกรม GeoGebra ที่ได้ศึกษาไปใช้ในชั้นเรียน 3. ในแผนการจัดการเรียนรู้กำหนดตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ที่จะนำมาอภิปรายจำนวน 6 ตัวอย่าง	1. ในขั้นตอนที่ 1 เพิ่มกิจกรรมให้นิสิตครูตอบคำถามบนเว็บไซต์ Quizizz พร้อมกับเฉลยเพื่อทบทวนเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. ในขั้นตอนที่ 2 ข้อที่ 3 เพิ่มการให้นิสิตครูเสนอแนวคิดและยกตัวอย่างในการนำตัวอย่างชิ้นงานของโปรแกรม GeoGebra ที่ได้ศึกษาไปใช้ในชั้นเรียน 3. เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	1. เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง) 2. เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง) 3. ลดจำนวนตัวอย่างเหลือ 4 ตัวอย่าง	1. เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง) 2. เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง) 3. เหมือนเดิมตามฉบับหลังการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
13. การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2 (ต่อ)	4. กำหนดการจัดการเรียนการสอนไว้ 3 แผนการจัดการเรียนรู้	4. เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	4. ปรับลดกิจกรรมเหลือ 1 แผนการจัดการเรียนรู้	4. เหมือนเดิมตามฉบับหลังการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)
14. การกำหนดขั้นตอนของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	ขั้นตอนที่ 2 มีการระบุกิจกรรมที่รวมทั้งการมอบหมายงาน การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษา การนำเสนอผลการศึกษา และการให้ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	ปรับขั้นตอนที่ 2 โดยแยกออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้ ขั้นตอนที่ 2 เป็นการมอบหมายงานและให้นิสิตครูร่วมกันศึกษา ขั้นตอนที่ 3 เป็นการให้นิสิตครูนำเสนอผลการศึกษา และผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
15. การกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	1. กำหนดวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 1 คือ เพื่อให้นิสิตครูสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียนได้ 2. กำหนดวัตถุประสงค์ในขั้นสรุป คือ เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	1. ปรับวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 1 เป็นเพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน 2 ปรับวัตถุประสงค์ในขั้นสรุป เป็นเพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้และการนำสื่อการเรียนรู้ที่กำหนดให้ ไปใช้ในชั้นเรียนตามแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนรู้ในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
16. การกำหนดแนวคิดของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	ระบุรายละเอียดเบื้องต้นของรูปแบบการสอนระยะที่ 3 ว่า กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้ และอภิปรายแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้ที่กำหนดให้ไปใช้ในชั้นเรียน	ปรับรายละเอียดเบื้องต้น เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตครูอภิปรายถึงการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน และอภิปรายถึงวิธีการสร้างชิ้นงานและแนวทางการนำชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนหรือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
17. การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	ในขั้นตอนที่ 2 มีการระบุกิจกรรมที่รวมทั้ง การมอบหมายงาน การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษา การนำเสนอผลการศึกษา และการให้ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	ปรับกิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 โดยแยกออกเป็นดังนี้ ในขั้นตอนที่ 2 ระบุกิจกรรมเป็น การมอบหมายงานและให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาในขั้นตอนที่ 3 ระบุกิจกรรมเป็น การให้นิสิตครูนำเสนอผลการศึกษา และผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	ในกิจกรรมขั้นตอนที่ 3 ระบุเพิ่มเติมเกี่ยวกับระยะเวลาที่ให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มนำเสนอ โดยกำหนดระยะเวลาให้นิสิตครูนำเสนอกลุ่มละไม่เกิน 15 นาที
18. การกำหนดขั้นตอนของรูปแบบการสอนในระยะที่ 4	ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
19. การกำหนด; วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 4	กำหนดวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 1 คือ เพื่อให้นิสิตครูสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียนได้	ปรับวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 1 เป็นเพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)	เหมือนเดิมตามฉบับก่อนการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)
20. การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 4	1. กำหนดการจัดการเรียนการสอนไว้ 3 แผนการจัดการเรียนรู้	เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	1. กำหนดการจัดการเรียนการสอนไว้ 2 แผนการจัดการเรียนรู้	เหมือนเดิมตามฉบับหลังการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
20. การกำหนดกิจกรรมของรูปแบบการสอนในระยะที่ 4 (ต่อ)	2. กิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 ข้อที่ 2. ระบุว่า นิสิตครูออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบด้วย สื่อการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ประกอบสื่อการเรียนรู้ และออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบด้วย ไฟล์งานสื่อการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และเกณฑ์การให้คะแนนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหัวข้อที่เลือก โดยนิสิตครูสามารถสอบถามข้อสงสัย หรือปรึกษาแนวทางการออกแบบกับผู้สอนได้	2. เหมือนเดิมตามฉบับร่าง (ไม่ได้ปรับปรุง)	2. ปรับกิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 ข้อที่ 2 เป็นผู้สอนแสดงตัวอย่างการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โ)รแกรม GeoGebra จากนั้น มอบหมายให้นิสิตครูทำงานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งในงานปฏิบัตินี้ ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน และ 3) ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	2. เหมือนเดิมตามฉบับหลังการทดลองนำร่อง (ไม่ได้ปรับปรุง)

ตาราง 4 (ต่อ)

รายการ	ฉบับร่าง	ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง	ฉบับหลังการทดลองนำร่อง	ฉบับสมบูรณ์
21. การจัดวางแผนผังรูปแบบการสอน มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	ไม่มีแผนผังแสดงภาพรวมของรูปแบบการสอน	เพิ่มแผนผังแสดงภาพรวมของรูปแบบการสอน	เพิ่มตารางแสดงกำหนดการจัดการเรียนการสอน	ปรับปรุงตารางแสดงกำหนดการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับรายละเอียดการปรับปรุงในแต่ละระยะ

ตอนที่ 2 ประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

2.1 ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย

การศึกษาความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากผลการทำงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย โดยกำหนดเกณฑ์การผ่านที่สูงกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มทั้งหมด ซึ่งปรากฏผลดังตาราง 5 ต่อไปนี้

ตาราง 5 ผลการศึกษาความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย

คนที่	คะแนนความรู้ด้านเทคโนโลยี (ร้อยละ)	ผลการประเมินความรู้ด้านเทคโนโลยี	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	84.38	✓	
2	72.66		✓
3	100.00	✓	
4	87.50	✓	
5	100.00	✓	
6	82.81	✓	
7	76.56	✓	
8	100.00	✓	
9	71.88		✓
10	87.50	✓	
11	87.50	✓	
12	92.19	✓	
13	89.06	✓	
14	100.00	✓	
15	84.38	✓	
16	81.25	✓	
17	93.75	✓	

ตาราง 5 (ต่อ)

คนที่	คะแนนความรู้ด้านเทคโนโลยี (ร้อยละ)	ผลการประเมินความรู้ด้านเทคโนโลยี	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน
18	90.63	✓	
19	60.94		✓
20	89.06	✓	
21	42.19		✓
22	92.19	✓	
23	100.00	✓	
24	92.19	✓	
25	30.47		✓
26	90.63	✓	
27	75.78	✓	
28	87.50	✓	
29	65.63		✓
30	92.19	✓	
31	82.81	✓	
รวม		25	6

จากตาราง 5 พบว่า จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีผลการประเมินความรู้ด้านเทคโนโลยี “ผ่าน” หรือ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 25 คน จากจำนวนทั้งหมด 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 80.65 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิผลที่กำหนดไว้ คือจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ดังนั้นรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ จึงมีประสิทธิผลของรูปแบบการสอนด้านความรู้ด้านเทคโนโลยีตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.2 TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย

การศึกษา TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากผลการทำงานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย โดยกำหนดเกณฑ์การผ่านที่สูงกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มทั้งหมด ซึ่งปรากฏผลดังตาราง 6 ต่อไปนี้

ตาราง 6 ผลการศึกษา TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย

คนที่	**คะแนน TPACK (ร้อยละ)**	**ผลการประเมิน TPACK**	
		ผ่าน	**ไม่ผ่าน**
1	85.00	✓	
2	75.00		✓
3	95.00	✓	
4	100.00	✓	
5	85.00	✓	
6	75.00		✓
7	90.00	✓	
8	100.00	✓	
9	80.00	✓	
10	85.00	✓	
11	90.00	✓	
12	85.00	✓	
13	85.00	✓	
14	100.00	✓	
15	85.00	✓	
16	75.00		✓
17	85.00	✓	
18	90.00	✓	
19	85.00	✓	

ตาราง 6 (ต่อ)

คนที่	คะแนน TPACK (ร้อยละ)	ผลการประเมิน TPACK	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน
20	70.00		✓
21	100.00	✓	
22	70.00		✓
23	95.00	✓	
24	95.00	✓	
25	80.00	✓	
26	90.00	✓	
27	90.00	✓	
28	65.00		✓
29	90.00	✓	
30	85.00	✓	
31	85.00	✓	
รวม		25	6

จากตาราง 6 พบว่า จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีผลการประเมิน TPACK “ผ่าน” หรือ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 25 คน จากจำนวนทั้งหมด 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 80.65 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิผลที่กำหนดไว้ คือจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายมี TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ดังนั้นรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ จึงมีประสิทธิผลของรูปแบบการสอนด้าน TPACK ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ดังนั้น จากตาราง 5 และ 6 สามารถสรุปได้ว่า ภายหลังการใช้รูปแบบการสอน จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยีและ TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตาม

สมมติฐานข้อที่ 1 ของการวิจัยที่กล่าวว่า รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ มีประสิทธิผลตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้

ตอนที่ 3 ผลการศึกษา TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การศึกษา TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังการเรียนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากผลการทำงานปฏิบัติเรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายก่อนและหลังการเรียนตามรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 – 4 ซึ่งปรากฏผลดังตาราง 7 ต่อไปนี้

ตาราง 7 ผลการศึกษา TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายก่อนและหลังการเรียนตามรูปแบบการสอน

คนที่	คะแนน TPACK (ร้อยละ)		คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
1	70.00	85.00	✓
2	60.00	75.00	✓
3	65.00	95.00	✓
4	80.00	100.00	✓
5	55.00	85.00	✓
6	75.00	75.00	✗
7	85.00	90.00	✓
8	65.00	100.00	✓
9	35.00	80.00	✓
10	50.00	85.00	✓
11	85.00	90.00	✓
12	75.00	85.00	✓
13	75.00	85.00	✓

ตาราง 7 (ต่อ)

คนที่	คะแนน TPACK (ร้อยละ)		คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
14	75.00	100.00	✓
15	70.00	85.00	✓
16	60.00	75.00	✓
17	50.00	90.00	✓
18	65.00	85.00	✓
19	70.00	70.00	✗
20	80.00	100.00	✓
21	60.00	70.00	✓
22	95.00	95.00	✗
23	90.00	95.00	✓
24	50.00	80.00	✓
25	45.00	90.00	✓
26	55.00	90.00	✓
27	60.00	65.00	✓
28	65.00	90.00	✓
29	75.00	85.00	✓
30	65.00	85.00	✓
31	50.00	75.00	✓
รวม			28

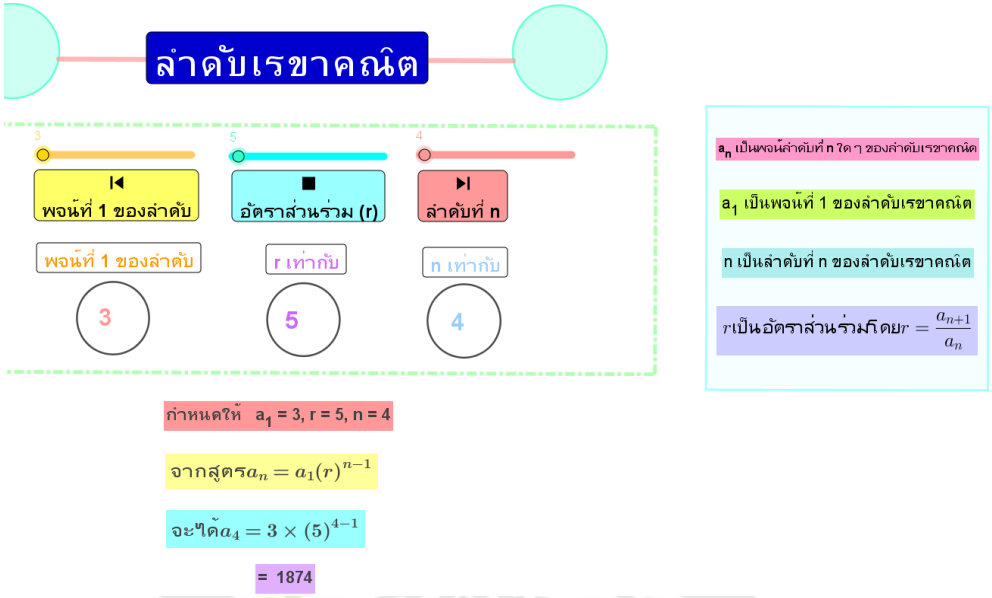
จากตาราง 7 พบว่า จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีผลการประเมิน TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอน มีจำนวน 28 คน จากจำนวนทั้งหมด 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 90.32 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 2 คือจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนสูงกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูทั้งหมด

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

จากการให้นิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทำงานปฏิบัติ เรื่อง การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 – 4 ผู้วิจัยได้ทำการเลือกผู้ให้ข้อมูล จำนวน 3 คน เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับ TPACK โดยพิจารณาเลือกจากผลการทำงานปฏิบัติ เรื่อง การออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่สะท้อนถึง TPACK ของนิสิตครูในแต่ละด้านที่แตกต่างกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์ชิ้นงาน (Content Analysis) และสัมภาษณ์โดยใช้งานเป็นฐาน (Task-Based Interview) กับผู้ให้ข้อมูลในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra สำหรับผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพของผู้ให้ข้อมูลทั้ง 3 คน ผู้วิจัยขอนำเสนอตามประเด็นที่เกี่ยวข้องกับด้านของ TPACK ของนิสิตครูในงานวิจัยนี้ ซึ่งได้แก่ ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ผลการศึกษา TPACK ของผู้ให้ข้อมูลก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน

ผู้ให้ข้อมูลคนที่ 1 ในที่นี้ใช้นามสมมติว่า อลิส เป็นตัวอย่างของนิสิตครูที่มี TPACK ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม โดยได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อเรื่อง ลำดับเรขาคณิต ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของอลิส

จากชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra จะพบว่า มีการนำเสนอสูตรของลำดับเรขาคณิตได้อย่างถูกต้อง แต่มีการใช้สไลเดอร์ในการกำหนดพจน์ที่ 1 และอัตราส่วนร่วมที่มีข้อจำกัด คือสามารถปรับแสดงผลให้เป็นได้แค่จำนวนเต็มบวกเท่านั้น จากการสัมภาษณ์เพิ่มเติมพบว่า อลิสมีข้อจำกัดด้านการใช้โปรแกรม GeoGebra และตระหนักถึงปัญหานี้ดี ดังนั้นในส่วนนี้อลิสจึงมีข้อจำกัดในเรื่องการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra

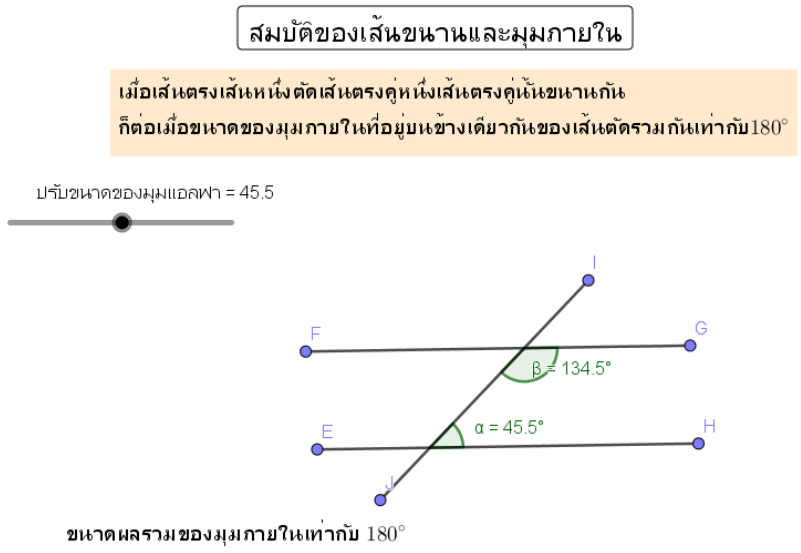
ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน อลิส มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ว่า "เพื่อให้นักเรียนสามารถหาพจน์ที่ n ของลำดับเรขาคณิตจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้ และเพื่อให้นักเรียนสามารถหาอัตราส่วนร่วมของลำดับเรขาคณิตจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้" ซึ่งมีความชัดเจน และสอดคล้องกับเนื้อหาสาระในแผนการจัดการเรียนรู้ ในส่วนของการระบุกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ อลิส ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้ว่า "ครูใช้โปรแกรม GeoGebra แสดงตัวอย่างการคำนวณหาพจน์ที่ n ของลำดับเรขาคณิต" โดยจากการสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมพบว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน อลิส จะบอกสูตรการหาพจน์ที่ n ของลำดับเรขาคณิตให้กับนักเรียนก่อน แล้วจึงแสดงตัวอย่างการคำนวณจากสื่อดังภาพประกอบ 11 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อลิส สามารถดึงคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการสุ่มเพื่อแสดงตัวอย่างการหาพจน์ที่ n ของลำดับเรขาคณิตได้ แต่ยังไม่สามารถทำให้สื่อโปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปสูตรการหาพจน์ที่ n ของลำดับ

เรขาคณิตด้วยตนเองได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่อลิสได้ออกแบบยังไม่สะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของสื่อที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ อลิส ได้ออกแบบชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ดังภาพประกอบ 12 โดยในชิ้นงานนี้ อลิส ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้และเกณฑ์การให้คะแนนได้อย่างชัดเจน สำหรับการสร้างข้อคำถามมีการสร้างได้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด อย่างไรก็ตามข้อคำถามยังมีความไม่ชัดเจนบางส่วน กล่าวคือ ไม่มีการระบุว่าจำนวนที่ระบุในลำดับเป็นจำนวนในลำดับเรขาคณิต และเมื่อพิจารณาในส่วนของชิ้นงาน จะพบว่า อลิสไม่ได้ใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการสุ่มโจทย์ แต่ใช้เพียงแค่การเลือกคำตอบ และสะท้อนผลการตอบคำถามของนักเรียนเท่านั้น

ภาพประกอบ 12 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของอลิส

ผู้ให้ข้อมูลคนที่ 2 ในที่นี้ขอใช้นามสมมติว่า บ๊อบ เป็นตัวอย่างของนิสิตครูที่มี TPACK ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีต่ำกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม โดยได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อเรื่อง เส้นขนานและมุมภายใน ดังภาพประกอบ 13



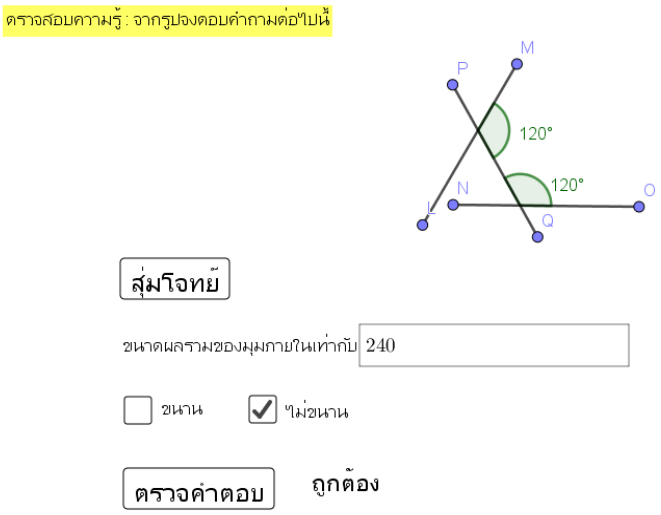
ภาพประกอบ 13 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของบ๊อบ

จากชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra จะพบว่า มีการนำเสนอสมบัติของเส้นขนานและมุมภายในได้อย่างถูกต้อง แต่ถ้าพิจารณาจากลำดับการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ในชิ้นงานจะพบว่า สอดคล้องกับสมบัติที่ว่า ถ้าเส้นตรงเส้นหนึ่งตัดเส้นตรงคู่หนึ่งที่ขนานกันแล้วขนาดของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดรวมกันเท่ากับ 180 องศา เนื่องจากในสื่อชิ้นนี้จะมีการกำหนดเส้นตรงสองเส้นที่ขนานกันและมีเส้นตัดมาก่อน แล้วให้นักเรียนสร้างข้อความคาดการณ์จากการสังเกตผลรวมของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัด จากการสอบถามเพิ่มเติมพบว่า ในส่วนนี้บ๊อบ ไม่ได้คำนึงถึงการลำดับการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับหลักการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการสร้างชิ้นงานนี้พบว่ามีข้อจำกัดคือ เส้นตรงในสื่อชิ้นนี้จะถูกล็อกให้ขนานกันในแนวราบเท่านั้น ซึ่งทำให้เส้นขนานที่แสดงในสื่อชิ้นนี้ไม่ครอบคลุมในทุกกรณี ดังนั้นในส่วนนี้บ๊อบ

จึงมีความคลาดเคลื่อนในเรื่องการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์

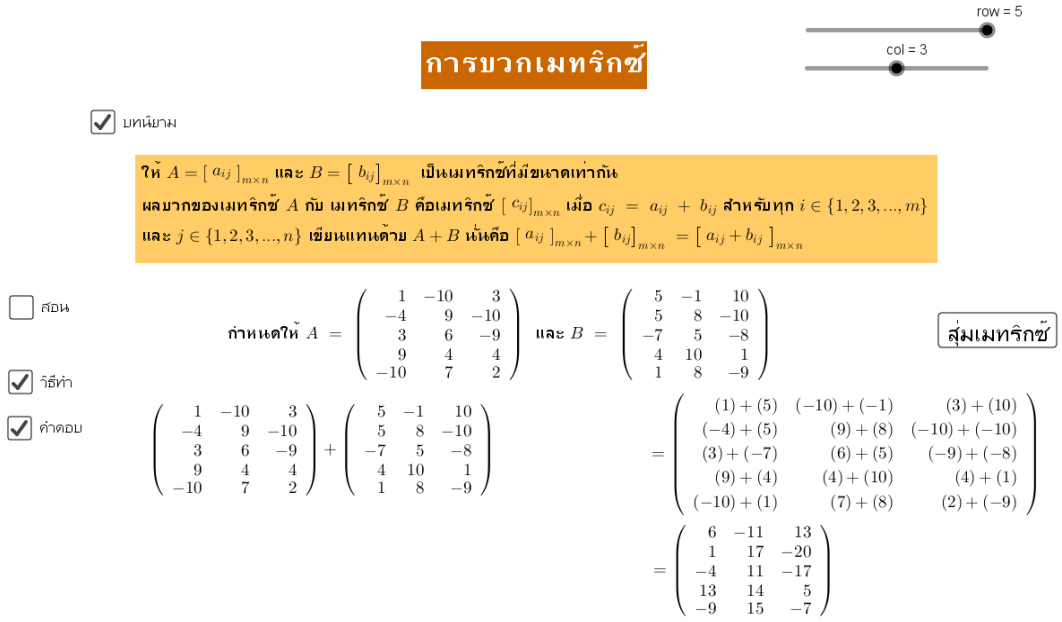
ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน บ๊อบ มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ว่า "เพื่อให้นักเรียนระบุสมบัติของเส้นขนานและมุมภายในได้ และเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบการขนานกันของเส้นตรงโดยใช้ความรู้เรื่องเส้นขนานและมุมภายในได้" ซึ่งมีความชัดเจน และสอดคล้องกับเนื้อหาสาระในแผนการจัดการเรียนรู้ ในส่วนของการระบุกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ บ๊อบ ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้ว่า "ครูเปิดโปรแกรม GeoGebra ที่เป็นสื่อการสอนเรื่องสมบัติของเส้นขนาน โดยครูจะซ่อนสมบัติของเส้นขนานไว้ก่อน จากนั้นให้นักเรียนสังเกตเส้นตรงสองเส้นที่ขนานกันและมีเส้นตัดโดยครูจะปรับขนาดของมุมไปเรื่อย ๆ แล้วให้นักเรียนสังเกตและสร้างข้อความคาดการณ์ว่าขนาดของมุมภายในมีลักษณะเป็นอย่างไร" ซึ่งในส่วนนี้แสดงให้เห็นว่า บ๊อบ สามารถนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ที่มีความเป็นโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตตัวอย่างของรูปที่สอดคล้องกับสมบัติที่กำหนดให้หลาย ๆ ตัวอย่าง โดยกระบวนการสังเกตตัวอย่างของรูปดังกล่าวนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างข้อความคาดการณ์เกี่ยวกับสมบัติของเส้นขนานและมุมภายในด้วยตนเองได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ บ๊อบ ได้ออกแบบชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ดังภาพประกอบ 14 โดยชิ้นงานนี้ บ๊อบ ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้และเกณฑ์การให้คะแนนได้อย่างชัดเจน สำหรับการสร้างข้อคำถามมีการสร้างได้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด และสามารถใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการสุ่มโจทย์ที่หลากหลาย ในส่วนการสะท้อนผลการตอบคำถามของนักเรียนพบว่าสามารถสะท้อนผลการตอบคำถามได้อย่างสมบูรณ์



ภาพประกอบ 14 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของบ๊อบ

ผู้ให้ข้อมูลคนที่ 3 ในที่นี้ขอใช้นามสมมติว่า อีฟ เป็นตัวอย่างของนิสิตครูที่ได้ TPACK สูงกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มในทุกด้าน ได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อเรื่อง การบวกเมทริกซ์ ดังภาพประกอบ 15

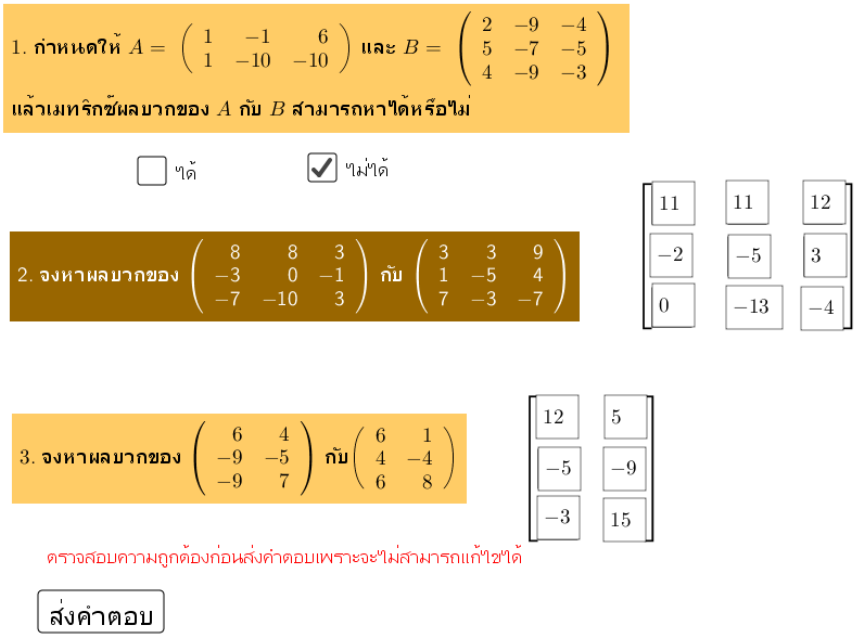


ภาพประกอบ 15 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของอีฟ

จากสื่อการเรียนรู้ในโปรแกรม GeoGebra จะพบว่า มีการนำเสนอบทนิยามการบวกเมทริกซ์ และมีการใช้ฟังก์ชัน RandomBetween ซึ่งเป็นฟังก์ชันของโปรแกรม GeoGebra ในการสุ่มสมาชิกแต่ละตัวในเมทริกซ์ได้อย่างถูกต้อง แต่มีการนำเสนอการแสดงสัญลักษณ์เมทริกซ์ในชิ้นงานที่คลาดเคลื่อน คือใช้ “(“ และ “)” แทน “[“ และ “]” ดังนั้นในส่วนนี้อีฟจึงมีข้อจำกัดในเรื่องการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra

ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน อีฟ มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ว่า ”เพื่อให้นักเรียนสามารถหาผลบวกของเมทริกซ์ได้” ซึ่งมีความชัดเจน และสอดคล้องกับเนื้อหาสาระในแผนการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้การระบุกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ได้เรียงลำดับโดยเริ่มจากการให้นักเรียนสังเกตตัวอย่างการบวกเมทริกซ์หลาย ๆ ตัวอย่าง ผ่านการคลิกปุ่มสุ่ม แล้วครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตลักษณะการบวกเมทริกซ์จากสื่อก่อนให้นักเรียนสรุปบทนิยามการบวกของเมทริกซ์จากการสังเกตในสื่อด้วยตนเอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อีฟ สามารถดึงคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการสุ่มเพื่อแสดงตัวอย่างการบวกเมทริกซ์หลาย ๆ ตัวอย่าง ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถสังเกตแต่ละตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว จนสามารถสรุปบทนิยามการบวกของเมทริกซ์ด้วยตนเองได้ จะเห็นได้ว่าลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนข้างต้น มีการนำบทบาทของสื่อมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ อีฟ ได้ออกแบบชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ดังภาพประกอบ 16 โดยชิ้นงานนี้ อีฟ ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจน แต่ถ้าพิจารณาจากชิ้นงานที่สร้างในข้อคำถามแรก พบว่าเป็นการตรวจสอบว่าเมทริกซ์ที่กำหนดให้สามารถหาผลบวกได้หรือไม่ ซึ่งไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ว่า ”เพื่อให้นักเรียนสามารถหาผลบวกของเมทริกซ์ได้” ดังนั้นในส่วนนี้ อีฟ จึงออกแบบชิ้นงานได้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้บางส่วน สำหรับในส่วนของเกณฑ์การให้คะแนนมีความชัดเจน คือ ระบุไว้ว่าหากนักเรียนตอบคำถามถูกต้อง จะได้ข้อละ 1 คะแนน เมื่อพิจารณาในส่วนของชิ้นงาน อีฟ ได้ใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการสุ่มโจทย์ได้อย่างสมบูรณ์ จากการคลิกปุ่ม “ส่งคำตอบ” แล้วคลิกปุ่ม “เริ่มทำ” อีกครั้งจะพบว่า โจทย์ทั้ง 3 ข้อมีการเปลี่ยนเมทริกซ์ สำหรับการสะท้อนผลการทำงาน อีฟทำได้ค่อนข้างสมบูรณ์นั่นคือ เมื่อคลิกปุ่ม “ส่งคำตอบ” แล้วจะขึ้นคะแนนที่นักเรียนทำได้ อย่างไรก็ตาม การสะท้อนผลการทำงานไม่ได้แสดงเฉลยคำตอบที่ถูกต้อง หรือชี้แจงว่านักเรียนทำข้อใดถูกต้องหรือไม่ถูกต้องอย่างไร

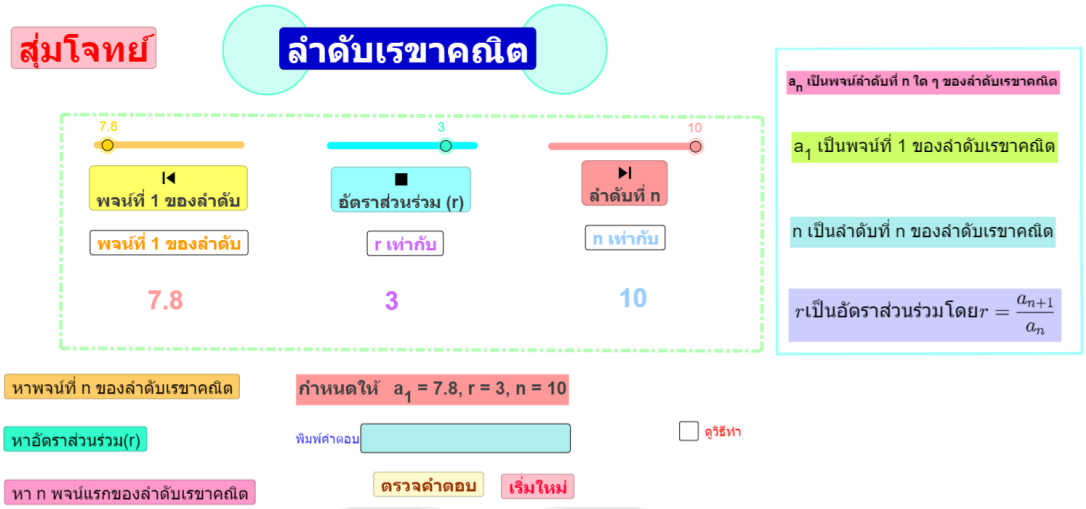


ภาพประกอบ 16 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของอีฟ

3.2.2 ผลการศึกษา TPACK ของผู้ให้ข้อมูลหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน

ในส่วนของการศึกษา TPACK ของผู้ให้ข้อมูลหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน ผู้วิจัยขอนำเสนอประเด็นที่สะท้อนถึงการพัฒนา TPACK ของผู้ให้ข้อมูลในแต่ละด้าน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ผู้ให้ข้อมูลคนที่ 1 (นามสมมติว่า อลิส) ได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อเรื่อง ลำดับเรขาคณิต ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra
หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนของอลิส

ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา อลิส ได้เพิ่มเนื้อหาให้สามารถสอนได้หลายหัวข้อย่อยในบทเรียนเรื่อง ลำดับเรขาคณิต ซึ่งประกอบด้วย การหาพจน์ที่ n ของลำดับเรขาคณิต การหาอัตราส่วนร่วม และการหา n พจน์แรกของลำดับเรขาคณิต นอกจากนี้ อลิส สามารถแก้ไขให้สไลเดอร์ในการกำหนดพจน์ที่ 1 และอัตราส่วนร่วม สามารถปรับค่าเป็นจำนวนจริงใด ๆ ได้ ดังนั้นจะเห็นว่าอลิสมีพัฒนาการ TPACK ในด้านนี้ จากการที่สามารถปรับปรุงให้ชิ้นงานที่สร้างมีความครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง ลำดับเรขาคณิตมากขึ้น รวมทั้งสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดจากการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างครบตามเป้าหมายที่วางไว้

ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน อลิส ได้เพิ่มกิจกรรมในขั้นสอนเพื่อให้นักเรียนสังเกตลักษณะของลำดับดังนี้

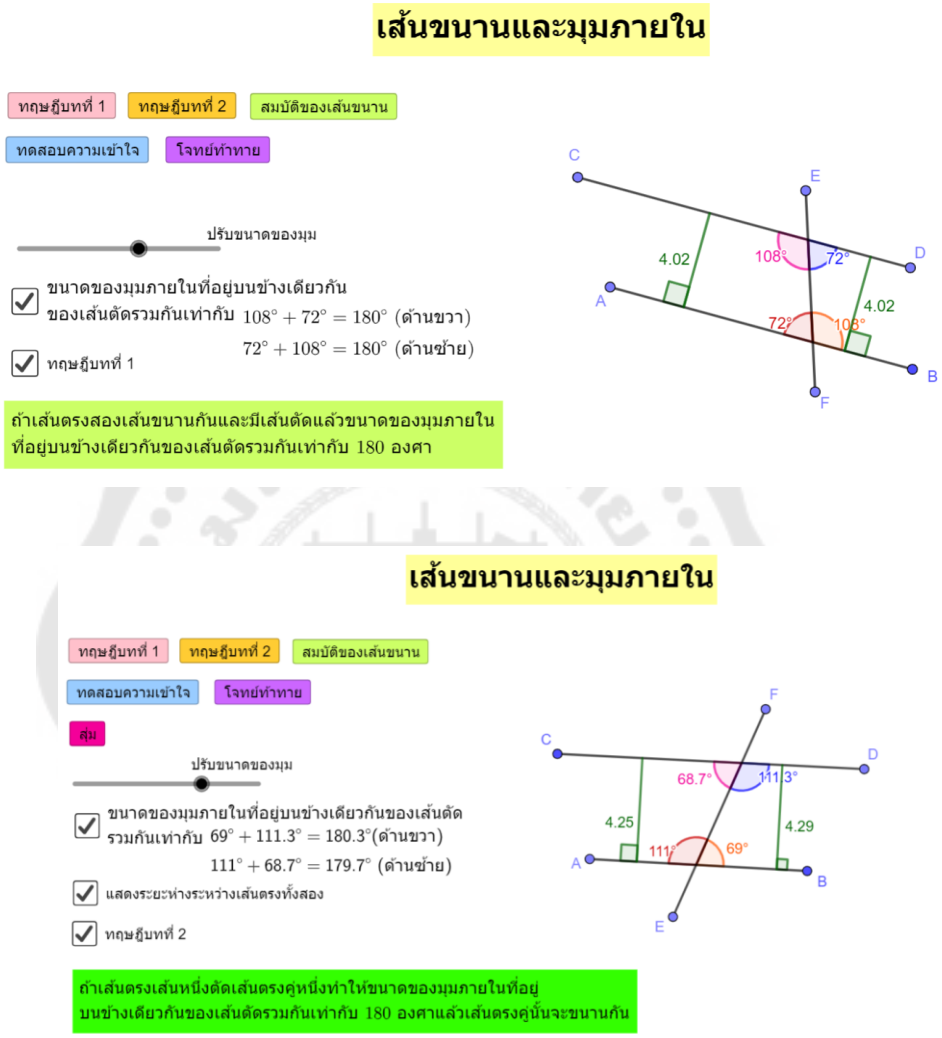
“ครูยกตัวอย่างลำดับ 6, 8, 10, 12 ลำดับ 2, 4, 8, 16 และลำดับ 1, 4, 9, 16 แล้วให้นักเรียนพิจารณาลำดับ 3 ลำดับนี้เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร”

จากกิจกรรมข้างต้น แสดงให้เห็นว่าอลิสได้มีความพยายามปรับกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนสังเกตลักษณะที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันของแต่ละลำดับ จนสามารถสรุปลักษณะของลำดับเรขาคณิตได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ อย่างไรก็ตามอลิสไม่ได้ระบุว่าในส่วนนี้จะสามารถนำโปรแกรม GeoGebra มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างไร ดังนั้น TPACK ด้านนี้ อลิสมีพัฒนาการในการนำแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์มาใช้ในการจัด

การเรียนการสอน แต่อย่างไรก็ตาม อลิส ยังไม่สามารถนำเสนอบทบาทของโปรแกรม GeoGebra มาช่วยในการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้

ด้านการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ อลิส ได้กำหนดจุดประสงค์ในแผนการจัดการเรียนรู้ว่า “เพื่อให้นักเรียนสามารถหาพจน์ที่ n ของลำดับเรขาคณิตจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้” และ “เพื่อให้นักเรียนสามารถหาอัตราส่วนร่วมของลำดับเรขาคณิตจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้” เมื่อพิจารณาจากชิ้นงานในภาพประกอบ 17 จะพบว่ามีความครอบคลุมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และอลิสสามารถทำให้สุ่มโจทย์ได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ชิ้นงานที่ อลิส ได้ออกแบบเมื่อผู้ใช้ป้อนคำตอบ และคลิกปุ่ม “ตรวจคำตอบ” แล้ว สามารถสะท้อนผลการตอบคำถามพร้อมทั้งเฉลยวิธีทำได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น TPACK ด้านนี้แสดงให้เห็นว่า อลิส มีพัฒนาการในการที่สามารถนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการสุ่มโจทย์ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และทำให้ชิ้นงานสามารถสะท้อนผลการตอบคำถามได้อย่างสมบูรณ์

ผู้ให้ข้อมูลคนที่ 2 (นามสมมติว่า บ๊อบ) ได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อเรื่อง เส้นขนานและมุมภายใน ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของบ๊อบ

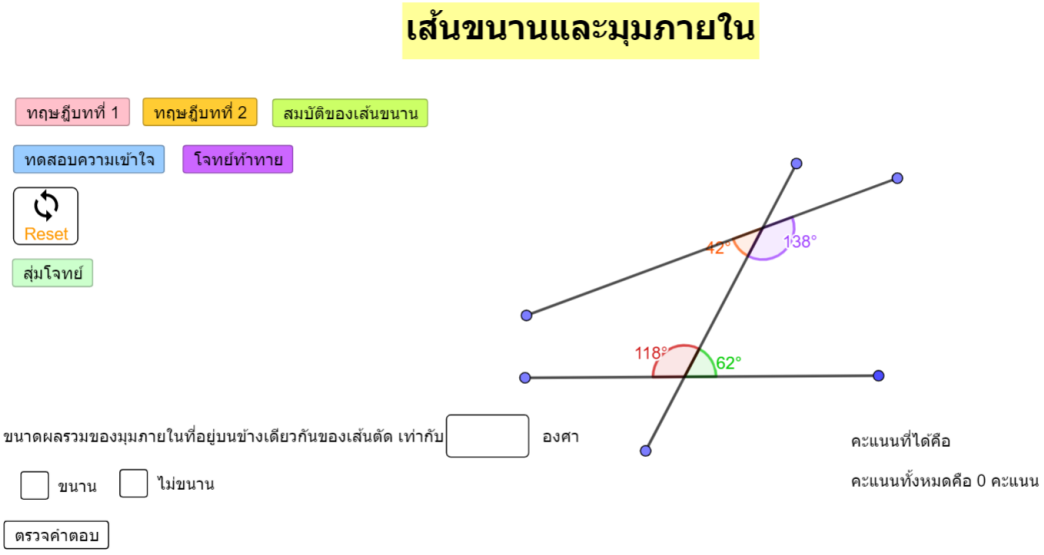
ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา บ๊อบ ได้ปรับปรุงการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องกับเส้นขนานและมุมภายในให้สอดคล้องกับหลักการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยในส่วนของ “ทฤษฎีบทที่ 1” จะเป็นการนำเสนอสื่อการเรียนรู้ตามทฤษฎีบทที่ว่า “ถ้าเส้นตรงเส้นหนึ่งตัดเส้นตรงคู่หนึ่งที่ขนานกัน แล้วขนาดของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดรวมกันเท่ากับ 180 องศา”

ในการนำเสนอตามแนวคิดนี้ บ๊อบได้เริ่มจากการให้โปรแกรม GeoGebra แสดงให้เห็นว่าระยะห่างของเส้นตรง AB และเส้นตรง CD เป็นค่าคงตัว ซึ่งจะช่วยทำให้นักเรียนสังเกตว่าสิ่งที่กำหนดมาให้นั้น คือเส้นตรง 2 เส้นนี้ขนานกันก่อน จากนั้นนักเรียนสามารถใช้สไลเดอร์ “ปรับขนาดของมุม” เพื่อปรับตำแหน่งของเส้นตัด EF ซึ่งเมื่อนักเรียนใช้สไลเดอร์ปรับตำแหน่งของเส้นตัดแล้ว จะพบว่า ผลบวกระหว่างขนาดของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดรวมกันเท่ากับ 180 องศาเสมอ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า บ๊อบ สามารถทำให้โปรแกรม GeoGebra นำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้สอดคล้องกับลำดับการให้เหตุผลของทฤษฎีบทที่ 1 สำหรับในส่วนของ “ทฤษฎีบทที่ 2” จะเป็นการนำเสนอสื่อการเรียนรู้ตามทฤษฎีบทที่ว่า “ถ้าเส้นตรงเส้นหนึ่งตัดเส้นตรงคู่หนึ่งซึ่งทำให้ขนาดของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดรวมกันเท่ากับ 180 องศา แล้วเส้นตรงคู่นั้นขนานกัน” ในส่วนนี้ บ๊อบ ได้นำเสนอโดยเริ่มจากการกำหนดเส้นตรง AB กับเส้นตรง CD ซึ่งอาจจะขนานกันหรือไม่ขนานกันก็ได้ จากนั้นนักเรียนจะได้ใช้สไลเดอร์ “ปรับขนาดของมุม” เพื่อปรับตำแหน่งของเส้นตรงทั้ง 2 เส้น จนกว่าขนาดของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดรวมกันเท่ากับ 180 องศา ซึ่งสิ่งที่โปรแกรม GeoGebra แสดงให้นักเรียนเห็นนั้น จะเป็นระยะห่างระหว่างเส้นตรง AB กับเส้นตรง CD ซึ่งจะช่วยทำให้นักเรียนเห็นว่า ถ้าใช้สไลเดอร์ปรับให้ขนาดของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดรวมกันเท่ากับ 180 องศา แล้วเส้นตรงสองเส้นจะมีระยะห่างเป็นค่าคงตัว กล่าวคือเส้นตรงสองเส้นนี้จะขนานกัน จากแนวคิดที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับลำดับการให้เหตุผลในทฤษฎีบทที่ 2 และสำหรับในส่วนของปุ่ม “สมบัติของเส้นขนาน” จะเป็นการเชื่อมโยงระหว่าง 2 ทฤษฎีบทนี้ด้วยคำว่า “ก็ต่อเมื่อ” ดังนั้น จะเห็นได้ว่า บ๊อบ มีพัฒนาการ TPACK ด้านการบูรณาการระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา เนื่องจากบ๊อบสามารถปรับปรุงชิ้นงานและอธิบายการใช้สื่อในการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องตามหลักการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน บ๊อบ สามารถสร้างชิ้นงานได้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และออกแบบการจัดกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้อย่างสมบูรณ์ เช่นเดียวกันกับชิ้นงานที่ออกแบบก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน

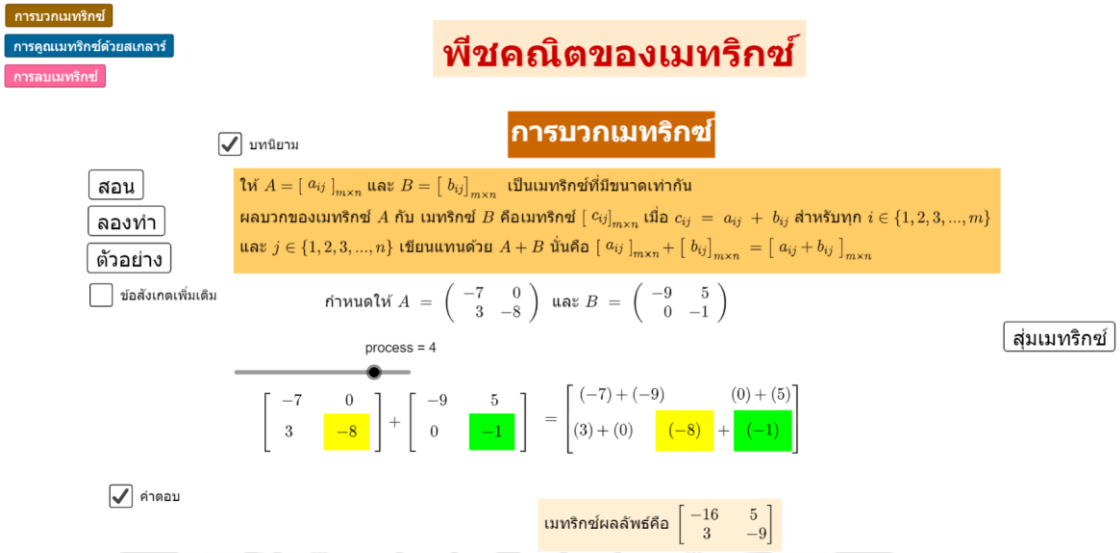
ด้านการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ บ๊อบ ได้ออกแบบชิ้นงานดังภาพประกอบ 19 โดยในส่วนนี้ บ๊อบ สามารถใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างโจทย์ที่สุ่มได้และสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดว่า “เพื่อให้นักเรียนสามารถตรวจสอบการขนานกันของเส้นตรงโดยใช้ความรู้เรื่องเส้นขนานและมุมภายในได้”

ในส่วนการสะท้อนผลการตอบคำถามของนักเรียนพบว่า สามารถสะท้อนผลการตอบคำถามได้อย่างสมบูรณ์ โดยสิ่งที่บ๊อบเพิ่มเติมในส่วนนี้คือ นอกจากสะท้อนผลในส่วนของความถูกต้องในการตอบคำถามของนักเรียนแล้ว ยังสามารถใช้ในการรวบรวมคะแนนของนักเรียนจากการกำหนดให้โปรแกรมนับจำนวนข้อที่นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง



ภาพประกอบ 19 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของบ๊อบ

ผู้ให้ข้อมูลคนที่ 3 (นามสมมติว่า อีฟ) ได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมจากหัวข้อที่ได้ออกแบบไว้ในชิ้นงานก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน โดยในส่วนของหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนนั้น อีฟได้ทำเรื่องพีชคณิตของเมทริกซ์ ดังภาพประกอบ 20



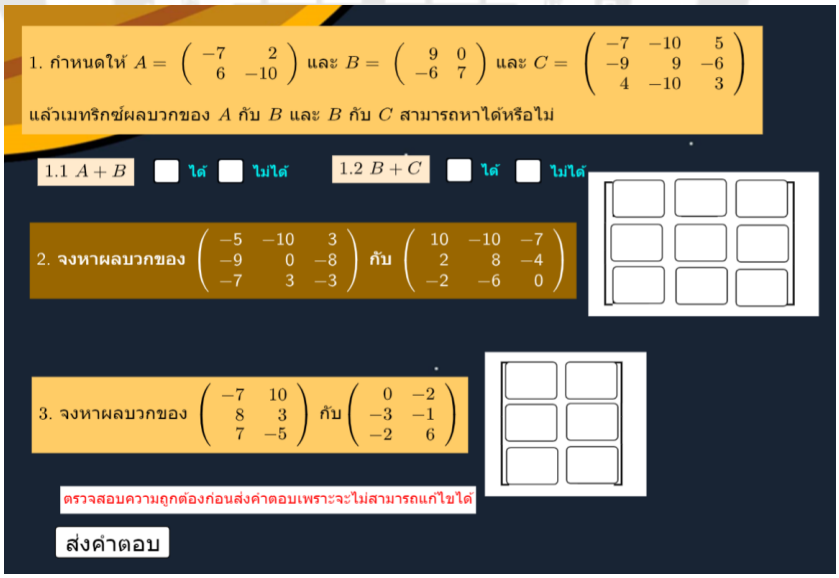
ภาพประกอบ 20 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของอีฟ

จากสื่อการเรียนรู้ในโปรแกรม GeoGebra จะพบว่า มีการนำเสนอบทนิยามของแต่ละหัวข้อ และมีการใช้ฟังก์ชัน RandomBetween ซึ่งเป็นฟังก์ชันของโปรแกรม GeoGebra ในการสุ่มสมาชิกแต่ละตัวในเมทริกซ์ได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ อีฟสามารถใช้ LateX Formula ในการปรับปรุงให้ชิ้นงานมีการนำเสนอสัญลักษณ์เมทริกซ์ได้อย่างถูกต้อง คือใช้สัญลักษณ์ “[“ และ “]” ดังนั้นในส่วนนี้อีฟมีพัฒนาการ TPACK ในด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา ผ่านการเพิ่มเติมเนื้อหาให้ครอบคลุมบทเรียนมากขึ้น และใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการแก้ไขการแสดงผลของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน อีฟ สามารถสร้างชิ้นงานได้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และออกแบบการจัดกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ได้

สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้อย่างสมบูรณ์ เช่นเดียวกันกับชิ้นงานที่ออกแบบก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน

ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ อีฟ ได้ออกแบบชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ดังภาพประกอบ 21 โดยในชิ้นงานนี้ อีฟ ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจน และได้ปรับจุดประสงค์การเรียนรู้เป็น 2 ข้อ ได้แก่ "เพื่อให้นักเรียนสามารถหาผลบวกของเมทริกซ์ได้" และ "เพื่อให้นักเรียนสามารถตรวจสอบว่าเมทริกซ์สองเมทริกซ์ที่กำหนดให้สามารถหาผลบวกได้หรือไม่" ซึ่งเมื่อพิจารณาจากชิ้นงานในภาพประกอบ 21 แล้ว จะพบว่า อีฟ สามารถใช้โปรแกรม GeoGebra ในการสร้างโจทย์แบบสุ่มได้ครอบคลุมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ นอกจากนี้ อีฟได้ปรับปรุงเพิ่มเติมในส่วนของการสะท้อนผลการตอบคำถามของนักเรียน โดยเพิ่มในส่วนของการแสดงเฉลยคำตอบที่ถูกต้องสำหรับในส่วนของเกณฑ์การให้คะแนนมีความชัดเจน เช่นเดียวกันกับชิ้นงานที่ออกแบบก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน ดังนั้นจากที่กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าอีฟมีพัฒนาการ TPACK ด้านการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เนื่องจากสามารถทำให้ชิ้นงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ และมีความสมบูรณ์ในการสะท้อนผลการทำงานของนักเรียนมากยิ่งขึ้น



ภาพประกอบ 21 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของอีฟ

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

3. เพื่อศึกษา TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

สมมติฐานในการวิจัย

1. รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ มีประสิทธิผลตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้ ได้แก่

1.1 ภายหลังการใช้รูปแบบการสอน จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

1.2 ภายหลังการใช้รูปแบบการสอน จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

2. จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนสูงกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้มี 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบรูปแบบการสอน เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาพปัญหา และข้อมูลพื้นฐานเพื่อหาแนวทางแก้ไขสภาพปัญหาเพื่อสร้างรูปแบบการสอน จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เอกสารที่เป็นบทความ หนังสือตำรา รายงานการวิจัย และเอกสารเผยแพร่ต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอนและตรวจสอบคุณภาพ เป็นขั้นตอนที่มีการดำเนินการดังนี้

1. นำข้อสรุป แนวคิด และแนวทางแก้ไขสภาพปัญหาในขั้นตอนที่ 1 มาสร้างรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง)

2. ตรวจสอบรูปแบบการสอนโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คนประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน จากนั้นทำการ**ปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่** 1 ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งทำให้ได้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง)

3. สร้างเครื่องมือตามรูปแบบการสอนที่ได้จากข้อ 2 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู และเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครู

4. ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างในข้อ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญดังนี้

4.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้และเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ตรวจสอบความเหมาะสม ความเป็นไปได้ของกิจกรรม ความสอดคล้องกับรูปแบบการสอนและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ เพื่อให้ข้อเสนอแนะและนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

4.2 นำงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู ที่ปรับปรุงจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์แล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกข้อคำถามของงานปฏิบัติที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item-Objective Congruence: IOC) ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นคัดเลือกงานปฏิบัติให้เหลือจำนวน 8 ข้อ

4.3 นำเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ตรวจสอบความเหมาะสม ความชัดเจนของแต่ละคุณลักษณะ ความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนน และความสอดคล้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ TPACK เพื่อให้ข้อเสนอแนะและนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

5. นำรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) และเครื่องมือที่ได้ตรวจสอบคุณภาพในข้อ 4 แล้ว ไปทดลองใช้กับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง ซึ่งเป็นนิสิตครูคณิตศาสตร์ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 38 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564

ใช้เวลาการดำเนินการทั้งสิ้น 30 ชั่วโมง โดยการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง โดยในระหว่างการทดลองนำร่อง เมื่อผู้วิจัยดำเนินการสอนในระยะที่ 1 แล้ว ผู้วิจัยให้นิสิตครูกลุ่มนำร่องทำงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู จากนั้นนำผลการทำงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูกลุ่มนำร่อง มาคำนวณหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของงานปฏิบัติ

6. นำผลการรวบรวมข้อมูลจากการทดลองนำร่อง ทั้งในส่วนที่เป็นจุดบกพร่องหรือส่วนที่เห็นว่าสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้ และข้อมูลที่ได้จากข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนจากนิสิตครูกลุ่มนำร่อง มา**ปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่** 2 เป็นรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง)

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองรูปแบบการสอนในสถานการณ์จริง เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยนำรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ไปใช้กับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นนิสิตครูคณิตศาสตร์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 31 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ใช้เวลาการดำเนินการทั้งสิ้น 30 ชั่วโมง โดยการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนนี้ ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน และ TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลองรูปแบบการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนที่ 4 มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ รวมไปถึงนำผลที่ได้ไปปรับปรุงรูปแบบการสอน ซึ่งมีการดำเนินการดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ เพื่อตรวจสอบสมมติฐานในการวิจัย ได้แก่

1.1 คำนวณร้อยละของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มเพื่อหาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ด้านความรู้ด้านเทคโนโลยี

1.2 คำนวณร้อยละของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มเพื่อหาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ด้าน TPACK

1.3 คำนวณร้อยละของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอน

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เลือกผู้ให้ข้อมูลจำนวน 3 คน เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับ TPACK โดยพิจารณาเลือกจากผลการทำงานปฏิบัติ เรื่อง การออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่สะท้อนถึง TPACK ของนิสิตครูในแต่ละด้านที่แตกต่างกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์ชิ้นงาน (Content Analysis) และสัมภาษณ์โดยใช้งานเป็นฐาน (Task-Based Interview) กับผู้ให้ข้อมูลในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra

3. นำผลการรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติจริงทั้งในส่วนที่เป็นจุดบกพร่องหรือส่วนที่เห็นว่าสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้ และรวบรวมข้อมูลจากข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนจากนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย มา**ปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่** 3 เป็นรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์)

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. **ผลการพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์** สรุปได้ว่า รูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสม กล่าวคือ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คนได้ประเมินว่าทุกข้อรายการมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.60 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ว่า รูปแบบการสอนที่เหมาะสมจะต้องมีค่าเฉลี่ยของผลการประเมินในแต่ละรายการโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน ตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินในแต่ละรายการไม่เกิน 1.00 สำหรับรายละเอียดของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) สามารถดูได้ในภาคผนวก ข

2. **ประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์** สามารถสรุปได้ดังประเด็นต่อไปนี้

2.1 จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีผลการประเมินความรู้ด้านเทคโนโลยีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 25 คน จากจำนวนทั้งหมด 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 80.65 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิผลที่กำหนดไว้

คือจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม มีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ดังนั้นรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ จึงมีประสิทธิผลของรูปแบบการสอนด้านความรู้ด้านเทคโนโลยีตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.2 จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีผลการประเมิน TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 25 คน จากจำนวนทั้งหมด 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 80.65 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิผลที่กำหนดไว้ คือ จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายมี TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ดังนั้นรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ จึงมีประสิทธิผลของรูปแบบการสอนด้าน TPACK ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. **ผลการศึกษา TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์** สรุปได้ว่า จำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีผลการประเมิน TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอน มีจำนวน 28 คน จากจำนวนทั้งหมด 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 90.32 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานในการวิจัยที่กำหนดไว้ คือจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนสูงกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูทั้งหมด

อภิปรายผล

การพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอนภายใต้ข้อมูลจากการศึกษาสภาพปัญหาและกรอบแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยต่าง ๆ จนกระทั่งได้รูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) จากนั้นนำมาปรับปรุงครั้งที่ 1 เป็นรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ผ่านการประเมินความเหมาะสมและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ทำให้ได้รูปแบบการสอนที่นำไปใช้ในการทดลองกับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง เมื่อทำการทดลองนำร่องแล้ว ผู้วิจัยนำผลที่ได้ไปปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 2 ทำให้ได้รูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่นำไปใช้ในการทดลองในสถานการณ์จริงกับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายเพื่อตรวจสอบประสิทธิผลของรูปแบบการสอน และศึกษา TPACK ของนิสิตครูก่อนและหลังการเรียนตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง

TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ เมื่อทดลองในสถานการณ์จริงแล้วผู้วิจัยนำผลจากการใช้รูปแบบการสอนไปปรับปรุงรูปแบบการสอนครั้งที่ 3 เพื่อให้ได้รูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) สำหรับผลการวิจัยข้างต้น แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูได้ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. ผลการวิจัยพบว่านิสิตครูกลุ่มเป้าหมายจำนวน 25 คน จาก 31 คน มีความรู้ด้านเทคโนโลยีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม หรือคิดเป็นร้อยละ 80.65 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิผลที่กำหนดไว้ คือจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ดังนั้นรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ จึงมีประสิทธิผลของรูปแบบการสอนด้านความรู้ด้านเทคโนโลยีตามเกณฑ์ที่กำหนด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 1 ซึ่งเป็นระยะที่มุ่งเน้นให้นิสิตครูมีความรู้ด้านเทคโนโลยีนั้น มีลักษณะดังนี้

1.1 การจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 1 การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี มีลักษณะที่มุ่งเน้นให้นิสิตครูได้ลงมือปฏิบัติการใช้โปรแกรมด้วยตนเอง โดยหลังจากที่นิสิตครูได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือเบื้องต้นผ่านการลงมือทำตามจากการสาธิตโดยผู้วิจัยแล้ว นิสิตครูจะได้ร่วมกันทำกิจกรรมกลุ่มฝึกการเชื่อมโยงความรู้จากสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว ในการเรียนรู้การใช้เครื่องมือใหม่ ๆ หรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหาผ่านงานปฏิบัติ (Task) ที่ผู้วิจัยได้เรียบเรียงขึ้นเพื่อให้นิสิตครูได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จะเห็นได้ว่ากิจกรรมในลักษณะนี้ทำให้นิสิตครูได้ทำความคุ้นเคยถึงลักษณะของเทคโนโลยีผ่านการลงมือปฏิบัติและส่งเสริมให้นิสิตครูได้ใช้กระบวนการคิดในการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เรียนรู้มาแล้ว เพื่อเลือกใช้เครื่องมือในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ส่งผลทำให้นิสิตครูเกิดความรู้ด้านเทคโนโลยีขึ้น ผลที่เกิดขึ้นนี้สอดคล้องกับแนวคิดของกอกตาส และคนอื่น ๆ (Goktas, Yildirim, & Yildirim, 2009) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีกับนิสิตครูให้มีประสิทธิภาพนั้น ผู้สอนควรมุ่งเน้นให้นิสิตครูได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเป็นหลัก และทำให้นิสิตครูตระหนักถึงการใช้ประโยชน์ของการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้แล้ว และสอดคล้องกับเดอร์ดู และแด็ก (Durdu & Dag, 2017) ที่กล่าวในทำนองเดียวกันว่า ในชั้นเรียนที่มีการสอนให้นิสิตครูใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพควรมีกิจกรรมให้นิสิตครูได้ลงมือฝึกฝนการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ด้วยตนเองมากกว่าการที่ให้ผู้สอนบรรยายการใช้เทคโนโลยีกับนิสิตครูดูเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

1.2 การใช้ GeoGebra Classroom มาช่วยในการจัดการเรียนการสอนความรู้ด้านเทคโนโลยีกับนิสิตครู โดยเฉพาะในบริบทของการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ สามารถช่วยทำให้ผู้วิจัยติดตามการทำงาน และแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการทำงานของนิสิตครูได้ ในกรณีที่นิสิตครูมีข้อคำถาม หรือพบอุปสรรคในการใช้โปรแกรม ผู้วิจัยสามารถใช้ GeoGebra Classroom เข้าไปดูร่องรอยการทำงานของนิสิตครูที่ซักถามจากคอมพิวเตอร์ของผู้วิจัยเอง โดยที่ไม่ต้องใช้เวลาเพิ่มเติมในการเปลี่ยนการแชร์หน้าจอ อีกทั้งยังทำให้นิสิตครูทุกคนสามารถร่วมกันสังเกตและศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างพร้อมเพรียงกันได้ทันที การจัดการเรียนการสอนลักษณะดังกล่าวทำให้นิสิตครูได้ร่วมกันเรียนรู้ประเด็นการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในการใช้โปรแกรม GeoGebra ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลให้นิสิตครูเกิดความรู้ด้านเทคโนโลยี ผลที่เกิดขึ้นนี้สอดคล้องกับโกห์ และฟริก (Koh & Frick, 2009) ที่กล่าวถึงลักษณะของชั้นเรียนที่เสริมสร้างให้นิสิตครูเกิดการรับรู้ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี คือชั้นเรียนที่ผู้สอนสามารถติดตามการทำงานและช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาของผู้เรียนได้อย่างรวดเร็ว และสอดคล้องกับงานวิจัยของอัสตาฟิเอวา และคนอื่น ๆ (Astafieva et al., 2021) ที่กล่าวว่า GeoGebra Classroom เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ เนื่องจากสามารถทำให้ผู้สอนติดตามและช่วยเหลือการทำงานของผู้เรียนได้อย่างทันท่วงที

2. ผลการวิจัยพบว่านิสิตครูกลุ่มเป้าหมายจำนวน 25 คน จาก 31 คน มี TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม หรือคิดเป็นร้อยละ 80.65 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิผลที่กำหนดไว้ คือจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มมีมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ดังนั้นรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ จึงมีประสิทธิผลของรูปแบบการสอนด้าน TPACK ตามเกณฑ์ที่กำหนด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 2 - 4 มีลักษณะดังนี้

2.1 การจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 2 การทำให้เกิดการยอมรับ ประกอบด้วยกิจกรรม 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการนำเสนอเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาในการใช้โปรแกรม GeoGebra ให้กับนิสิตครู เพื่อทำให้นิสิตครูมีแนวคิดเบื้องต้นที่จะนำไปใช้ในการอภิปรายในกิจกรรมส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นส่วนที่นิสิตครูได้ร่วมกันสังเกตและอภิปรายถึงความสอดคล้องระหว่างลักษณะของตัวอย่างชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับแนวคิดทางการศึกษาที่นิสิตครูได้เรียนรู้ในส่วนที่ 1 ซึ่งการให้นิสิตครูได้เห็นและอภิปรายถึงลักษณะของตัวอย่างชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้นี้ ส่งผลให้นิสิตครูมองเห็นว่า

โปรแกรม GeoGebra สามารถใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และสามารถใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นเรียนได้จริง ส่งผลให้นิสิตครูมีความมั่นใจและเห็นแนวทางเบื้องต้นถึงการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ ผลที่เกิดขึ้นนี้สอดคล้องกับโกห์ และดิวาฮาราน (Koh & Divaharan, 2011) และลิลลา อดุลยศาสน์ (2561) ที่กล่าวในทำนองเดียวกันว่าการจัดกิจกรรมให้นิสิตครูเห็นถึงตัวอย่างการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเป็นกระบวนการที่สำคัญ ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้นิสิตครูเกิดการยอมรับ และมีความมั่นใจว่าเทคโนโลยีสามารถนำไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนได้จริง ส่งผลให้นิสิตครูเกิดความสนใจและมีความมั่นใจในตนเองมากขึ้นถึงแนวทางในการบูรณาการระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้นิสิตครูมีศักยภาพและสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาไปประยุกต์ใช้จริงในการจัดการเรียนการสอนให้แก่นักเรียนในชั้นเรียน

2.2 การจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี เป็นระยะที่ช่วยเสริมสร้างให้นิสิตครูเห็นแนวทางในการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนในระยะนี้ นิสิตครูจะได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการหรือเทคนิคในการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาจากการศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของตัวอย่างชิ้นงานที่ได้ออกแบบโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนลักษณะดังกล่าวนี้ทำให้นิสิตครูได้เห็นถึงวิธีการหรือเทคนิคต่าง ๆ ในการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาให้มีประสิทธิภาพอย่างหลากหลาย และได้เห็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น ผลที่เกิดขึ้นนี้สอดคล้องกับพอนเต และคนอื่น ๆ (Ponte, Oliveira, & Varandas, 2002) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้ร่วมกันสำรวจ และศึกษาแนวคิดจากตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้นิสิตครูได้เห็นถึงมุมมองและวิธีการใช้เทคโนโลยีในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับโกห์ และดิวาฮาราน (Koh & Divaharan, 2011) ที่กล่าวว่า การให้นิสิตครูศึกษาวิธีการและเทคนิค รวมไปถึงการวิพากษ์ตัวอย่างการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนเป็นกระบวนการที่สำคัญที่จะทำให้นิสิตครูเห็นถึงแนวทางในการบูรณาการระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา ซึ่งจะเป็น

พื้นฐานสำคัญที่ทำให้นิสิตครูสามารถเริ่มต้นกระบวนการฝึกการออกแบบการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเองได้

2.3 การจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 4 การฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี เป็นระยะที่นิสิตครูได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ด้วยตนเอง และผู้วิจัยมีบทบาทในการประเมินและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานที่นิสิตครูได้ออกแบบให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น การจัดการเรียนการสอนลักษณะดังกล่าว เป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูได้มีประสบการณ์เบื้องต้นในการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้านด้วยตนเอง และเป็นการทำให้นิสิตครูเห็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงแนวคิดในการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้าน เพื่อออกแบบชิ้นงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในระยะนี้จึงช่วยเสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครู ผ่านการให้นิสิตครูมีประสบการณ์ในการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งสอดคล้องกับ โกห์ และดิวาฮาราน (Koh & Divaharan, 2011) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้ฝึกการออกแบบการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง เป็นสิ่งสำคัญในการเสริมสร้าง TPACK เนื่องจากกระบวนการดังกล่าว จะช่วยทำให้นิสิตครูได้ใช้กระบวนการคิดเพื่อหาหนทางที่จะบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับ หว่าง และคนอื่น ๆ (Wang, Schmidt-Crawford, & Jin, 2018) ที่เสนอแนะว่า การฝึกหัดครูให้สามารถใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องมีการเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้ฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีด้วยตนเอง

3. ผลการวิจัยพบว่าจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีผลการประเมิน TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอน มีจำนวน 28 คน จากจำนวนทั้งหมด 31 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 90.32 ของจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานในการวิจัยที่กำหนดไว้ คือจำนวนนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มี TPACK หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนสูงกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนิสิตครูทั้งหมด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 – 4 มีลักษณะที่ทำให้นิสิตครู “เห็นตัวอย่าง (จากการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 2) ได้แนวทาง (จากการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 3) และมีประสบการณ์ (จากการจัดการเรียนการสอนในระยะที่ 4)” ในการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางการศึกษากับการใช้เทคโนโลยีในการออกแบบการจัด

การเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการทำให้นิสิตครู “เห็นตัวอย่าง ได้แนวทาง และมีประสบการณ์” เป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลให้นิสิตครูมี TPACK หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ ลิลลา อดุลยศาสน์ (2561) และหว่าง และคนอื่น ๆ (Wang et al., 2018) ที่กล่าวในทำนองเดียวกันว่า ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยในการเสริมสร้าง TPACK นิสิตครูนั้น ควรมีกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นิสิตครูเห็นตัวอย่างและได้แนวทางของการบูรณาการเทคโนโลยีให้เข้ากับการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย และเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้ฝึกประสบการณ์ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการออกแบบการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำรูปแบบการสอนไปใช้

1. จากผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์มีประสิทธิผลที่ดี ทำให้จำนวนนิสิตครูมีความรู้เทคโนโลยี และ TPACK สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในระดับที่น่าพอใจ ดังนั้น คณาจารย์ผู้สอนนิสิตครูสามารถนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ไปปรับใช้เพื่อเตรียมนิสิตครูคณิตศาสตร์ระดับปริญญาตรีให้มีความรู้ด้านเทคโนโลยีและ TPACK ได้ และสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงหรือพัฒนาหลักสูตรฝึกหัดครูคณิตศาสตร์ได้ โดยการนำรูปแบบการสอนไปใช้ควรคำนึงถึงความรู้พื้นฐานของนิสิตครู ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) และความรู้ด้านวิธีสอน (Pedagogical Knowledge)

2. กระบวนการเสริมสร้างให้นิสิตครูยอมรับและมีความมั่นใจว่าเทคโนโลยีสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้จริง หรือระยะที่ 2 ของรูปแบบการสอนเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการศึกษาสภาพปัญหาพบว่า ครูส่วนหนึ่งเลือกที่จะไม่ใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน เพราะไม่มีความเชื่อหรือไม่มีความมั่นใจว่าเทคโนโลยีจะสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นคณาจารย์ที่สอนเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีของนิสิตครู สามารถนำแนวคิดของรูปแบบการสอนนี้ไปใช้ได้ ซึ่งนอกเหนือจากการสอนนิสิตครูใช้เทคโนโลยีแล้ว อาจแสดงตัวอย่างให้นิสิตครูเห็นว่าเทคโนโลยีนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้จริงอย่างไร เพื่อทำให้นิสิตครูมีความมั่นใจและเกิดความสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนการนำไปใช้ในชั้นเรียนจริง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. งานวิจัยนี้ได้เน้นแนวคิดทางการศึกษาที่มีความสอดคล้องกับการใช้โปรแกรม GeoGebra ได้แก่ แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่คณาจารย์หรือนักการศึกษาต้องการนำแนวคิดของรูปแบบการสอนนี้ไปใช้ในการสอนหรืออบรมในหัวข้ออื่น ๆ ซึ่งอาจมีแนวคิดทางการศึกษาที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีนั้นที่แตกต่างกันออกไป อาจพิจารณาปรับเปลี่ยนแนวคิดทางการศึกษาที่จะนำมาใช้อ้างอิงให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีนั้นได้ตามความเหมาะสม

4. รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบการสอนสำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ที่มีความรู้ด้านวิธีสอนและความรู้ด้านเนื้อหา แต่ยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม คณาจารย์หรือนักการศึกษาสามารถปรับใช้เป็นแนวทางในการอบรมครูประจำการหรือนิสิตครูเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนซึ่งอาจมีระยะเวลาในการดำเนินการที่น้อยกว่าได้ โดยอาจกำหนดขอบเขตเนื้อหาตามความเหมาะสมของระยะเวลา หรืออาจปรับให้การจัดการเรียนการสอนให้มีการบูรณาการกันมากกว่า 1 ระยะ เช่น ในขณะที่กำลังสอนการใช้เทคโนโลยี อาจมีการสอดแทรกการสอนให้ครูหรือนิสิตครูสร้างตัวอย่างชิ้นงานในบทเรียนต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้จริง เป็นต้น

5. การวัดและประเมินผล TPACK มีวิธีการที่หลากหลาย สำหรับในงานวิจัยนี้ได้ปรับให้สอดคล้องกับบริบทของนิสิตครูก่อนออกฝึกสอน และลักษณะของเทคโนโลยีที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือโปรแกรม GeoGebra ดังนั้นในกรณีที่คณาจารย์หรือนักการศึกษาต้องการวัดและประเมินผล TPACK กับกลุ่มเป้าหมายลักษณะอื่น ๆ เช่น นิสิตครูที่กำลังฝึกสอน หรือครูประจำการ หรือใช้เทคโนโลยีอื่น ๆ อาจจะต้องพิจารณาถึงการปรับวิธีการวัดและประเมินผล TPACK ให้มีความเหมาะสมกับบริบทนั้น ๆ

6. เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ในกรณีที่ต้องการนำรูปแบบการสอนนี้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบ On-site ควรพิจารณาการปรับระยะเวลาของการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสม และอาจมีการบันทึกวิดีโอขณะการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปดูทบทวนย้อนหลังได้ รวมไปถึงควรมีช่องทางให้ผู้สอนติดตามและสะท้อนผลการทำงานของผู้เรียนได้อย่างทันท่วงที ดังเช่นการใช้ GeoGebra Classroom ในงานวิจัยนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาการพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK โดยใช้เทคโนโลยี หรือแนวคิดทางการศึกษาอื่น ๆ เป็นแนวคิดพื้นฐานของงานวิจัย

2. ควรทำการศึกษาการพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK กับกลุ่มเป้าหมายอื่น ๆ เช่น นิสิตครูที่กำลังฝึกสอน หรือครูประจำการ เป็นต้น

3. ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่อาจส่งผลต่อ TPACK ของนิสิตครู โดยอาจเป็นตัวแปรภายใน TPACK เช่น ระดับความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหาที่แตกต่างกันมีผลต่อ TPACK ที่แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร หรือตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการออกแบบการสอน (Pedagogical Design Capacity) ความสามารถในการออกแบบงานปฏิบัติ (Task Design) การรับรู้ตนเองของนิสิตครูเกี่ยวกับ TPACK (TPACK Self-efficiacy) ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอน และความคงทนเกี่ยวกับ TPACK ของนิสิตครู เป็นต้น

บรรณานุกรม

Adom, D., Mensah, J. A., & Dake, D. A. (2020). Test, Measurement, and Evaluation: Understanding and Use of the Concepts in Education. *International Journal of Evaluation and Research in Education, 9*(1), 109-119.

Akkaya, R. (2016). Research on the development of middle school mathematics pre-service teachers' perceptions regarding the use of technology in teaching mathematics. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12*(4), 861-879.

Ak**Ş**an, E., & Eryılmaz, S. (2011). Why don't mathematics teachers use instructional technology and materials in their courses? *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 15*, 2471-2475.

Alqahtani, M. M., & Powell, A. B. (2017). Teachers' instrumental genesis and their geometrical understanding in a dynamic geometry environment. *Digital Experiences in Mathematics Education, 3*(1), 9-38.

Archambault, L. M., & Barnett, J. H. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge: Exploring the TPACK framework. *Computers & Education, 55*(4), 1656-1662. doi:https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.009

Astafieva, M., Hlushak, O., & Lytvyn, O. (2021). *GeoGebra Classroom as a Component to ICT Support Inquiry Based Mathematics Education in a Blended Learning* (2516-2314). Retrieved from

Bachman, L. F. (1990). *Fundamental considerations in language testing*: Oxford university press.

Bantchev, B. B. (2010). A brief tour to dynamic geometry software. Retrieved from http://www.math.bas.bg/bantchev/misc/dgs.pdf

Bayaga, A., Mthethwa, M., Bossé, M., & Williams, D. (2019). Impacts of implementing GeoGebra on eleventh grade student's learning of Euclidean Geometry. *South African Journal of Higher Education, 33*(6), 32-54.

Bromley, H. (1998). Introduction: Data-driven democracy? Social assessment of educational computing. *Education, technology, power*, 1-28.

Chan, S. (2010). Designing an online class using a constructivist approach. *Journal of Adult Education, 39*(1), 26-39.

Common Core State Standards Initiative. (2020). Mathematics Standards. Retrieved from http://www.corestandards.org/Math/

Curaoglu, O., Bu, L., Dickey, L., Kim, H., & Cakir, R. (2010). *A Case Study of Investigating Preservice Mathematics Teachers' Initial Use of the Next-Generation TI-Nspire Graphing Calculators with Regard to TPACK*. Paper presented at the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010, San Diego, CA, USA. https://www.learntechlib.org/p/33973

Dikovic, L. (2009). Implementing dynamic mathematics resources with GeoGebra at the college level. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 4*(3), 51-54.

Dixson, D. D., & Worrell, F. C. (2016). Formative and summative assessment in the classroom. *Theory into practice, 55*(2), 153-159.

Durdu, L., & Dag, F. (2017). Pre-service teachers' TPACK development and conceptions through a TPACK-based course. *Australian Journal of Teacher Education (Online), 42*(11), 150-171.

Erfjord, I. (2011). Teachers' initial orchestration of students' dynamic geometry software use: Consequences for students' opportunities to learn mathematics. *Technology, Knowledge and Learning, 16*(1), 35-54.

Flynn, P., & McCrae, B. (2001). *Issues in assessing the impact of CAS on mathematics examinations.* Paper presented at the Numeracy and Beyond. Proceedings of the 24th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia.

Ge, Q., Zheng, F. B., & Peng, X. C. (2011). *Introduction to Grasp Knowledge Using the Super Smart Pad.* Paper presented at the Advanced Materials Research.

Goktas, Y., Yildirim, S., & Yildirim, Z. (2009). Main barriers and possible enablers of ICTs

integration into pre-service teacher education programs. *Journal of Educational Technology & Society, 12*(1), 193-204.

Graham, C. R., Tripp, T., & Wentworth, N. (2009). Assessing and Improving Technology Integration Skills for Preservice Teachers Using the Teacher Work Sample. *Journal of Educational Computing Research, 41*(1), 39-62. doi:10.2190/EC.41.1.b

Güne**Ş**, G., Gökçek, T., & Bacanak, A. (2010). How do teachers evaluate themselves in terms of technological competencies? *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 9*, 1266-1271.

Hein, G. (1991). Constructivist learning theory. Retrieved from http://beta.edtechpolicy.org/AAASGW/Session2/const_inquiry_paper.pdf

Hohenwarter, J., Hohenwarter, M., & Lavicza, Z. (2009). Introducing dynamic mathematics software to secondary school teachers: The case of GeoGebra. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 28*(2), 135-146.

Hohenwarter, M., & Lavicza, Z. (2009). The strength of the community: How GeoGebra can inspire technology integration in mathematics teaching. *MSOR Connections, 9*(2), 3-5.

Joyce, B., R., Weil, M., & Calhoun, E. (2014). *Models of Teaching* (9 ed.). London: Peason Education.

Joyce, B. R., Calhoun, R., & Hopkins, D. (1997). *Models of Learning: Tools for teaching*. United Kindom: Open University Press.

Joyce, B. R., & Weil, M. (1996). *Models of Teaching* (5 Ed.). London: Allyn and Bacon.

Jurkovic, N. (2001). *Diagnosing and correcting student's misconceptions in an educational computer algebra system.* Paper presented at the Proceedings of the 2001 international symposium on Symbolic and algebraic computation.

Kafyulilo, A., & Fisser, P. (2019). Developing TPACK in science and mathematics teacher education in Tanzania: a proof of concept study. *Collaborative curriculum design for sustainable innovation and teacher learning*, 139.

Kaplon, S., Aleksandra, & Lyublinskaya, I. (2015). *Exploring changes in technological knowledge (TK), pedagogical knowledge (PK), content knowledge (CK) and*

TPACK of pre-service, special education teachers taking technology-based pedagogical course. Paper presented at the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference.

Karakaya, O. (2017). *Investigating preservice teachers' TPACK integration into lesson planning.* (Master's thesis (Curriculum and Instruction Technology)). Iowa State University, Ames, Iowa.

Kereluik, K., Casperson, G., & Akcaoglu, M. (2010). *Coding pre-service teacher lesson plans for TPACK.* Paper presented at the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference.

Kizlik, B. (2012). Measurement, Assessment, and Evaluation in Education. Retrieved from https://www.academia.edu/22814013/Compiled_by_Measurement_Assessment_and_Evaluation_in_Education?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page

Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 60-70.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). Introducing tpck. *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators, 1*(1), 3-29.

Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education, 193*(3), 13-19. doi:10.1177/002205741319300303

Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 101-111). New York, NY: Springer New York.

Koh, J. H. L., & Divaharan, S. (2011). Developing Pre-Service Teachers' Technology Integration Expertise Through the TPACK-Developing Instructional Model. *Journal of Educational Computing Research, 44*(1), 35-58. doi:10.2190/EC.44.1.c

Koh, J. H. L., & Frick, T. W. (2009). Instructor and Student Classroom Interactions during Technology Skills Instruction for Facilitating Preservice Teachers' Computer Self-Efficacy. *Journal of Educational Computing Research, 40*(2), 211-228. doi:10.2190/EC.40.2.d

Kushwaha, R. C., Chaurasia, P. K., & Singhal, A. (2013). Creating Dynamic Webpage for GeoGebra Quiz Applet. *International Journal of Information and Computation Technology, 3*(3), 175-180.

Lukáč, S., & Sekerák, J. (2015). *Implementation of feedback in digital learning environment with a focus on system Geogebra.* Paper presented at the 2015 13th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA).

Lynch, B. K. (2001). Rethinking assessment from a critical perspective. *Language testing, 18*(4), 351-372.

Mailizar, M., & Fan, L. (2020). Indonesian Teachers' Knowledge of ICT and the Use of ICT in Secondary Mathematics Teaching. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 16*(1).

Marshall, J. C., Horton, B., & Smart, J. (2009). 4E× 2 instructional model: Uniting three learning constructs to improve praxis in science and mathematics classrooms. *Journal of Science Teacher Education, 20*(6), 501-516.

McBroom, E. S. (2012). *Teaching with dynamic geometry software: A multiple case study of teachers' technological pedagogical content knowledge.* (Doctoral dissertation (Mathematics Education)). Texas State University, San Marcos. Retrieved from https://search.proquest.com/docview/1036702524?accountid=44800

Mignini, C. A. (2001). *Geometry in Action: A Curriculum Unit Utilizing Dynamic Geometry Software to Enhance Students' Comprehension.* (Thesis M.A. (Critical and Creative Thinking)). Office of Graduate Studies, University of Massachusetts Boston, Boston, Massachusetts.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054.

Monaghan, J., Sun, S., & Tall, D. (1994). Construction of the limit concept with a computer algebra system. *Proceedings of the Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, 18*(1), 279-286.

Moskal, B. M., & Leydens, J. A. (2000). Scoring rubric development: Validity and reliability. *Practical assessment, research, and evaluation, 7*(1), 10.

Mudzimiri, R. (2012). *A Study of the Development of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in Pre-Service Secondary Mathematics Teachers.* (Doctoral dissertation (Mathematics)). Montana State University, Bozeman, Montana.

Mushipe, M., & Ogbonnaya, U. I. (2019). Geogebra and Grade 9 Learners' Achievement in Linear Functions. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 14*(08), 206-219.

National Research Council. (1999). *Being Fluent with Information Technology*. Washington, DC: The National Academies Press.

NCTM. (2014). *Principle to Actions: Ensuring Mathematical Success for All*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Niess, M. L., Ronau, R. N., Shafer, K. G., Driskell, S. O., Harper, S. R., Johnston, C., . . . Kersaint, G. (2009). Mathematics Teacher TPACK Standards and Development Model. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 4-24.

Niess, M. L., Van Zee, E. H., & Gillow-Wiles, H. (2010). Knowledge Growth in Teaching Mathematics/Science with Spreadsheets. *Journal of Digital Learning in Teacher Education, 27*(2), 42-52. doi:10.1080/21532974.2010.10784657

Norström, P. (2014). How technology teachers understand technological knowledge. *International Journal of Technology and Design Education, 24*(1), 19-38.

Omotayo, S. A., & Adeleke, J. O. (2017). The 5E Instructional Model: A Constructivist Approach for Enhancing Students' Learning Outcomes in Mathematics. *Journal of the International Society for Teacher Education, 21*(2), 15-26.

Ozgun-Koca, S. A. (2009). The views of preservice teachers about the strengths and limitations of the use of graphing calculators in mathematics instruction. *Journal of Technology and Teacher Education, 17*(2), 203-227.

Pamuk, S. (2012). Understanding preservice teachers' technology use through TPACK framework. *Journal of computer assisted learning, 28*(5), 425-439.

Pierce, R., & Ball, L. (2009). Perceptions that may affect teachers' intention to use technology in secondary mathematics classes. *Educational studies in mathematics, 71*(3), 299-317.

Pierson, M. E. (2001). Technology Integration Practice as a Function of Pedagogical Expertise. *Journal of Research on Computing in Education, 33*(4), 413-430. doi:10.1080/08886504.2001.10782325

Ponte, J. P. d., Oliveira, H., & Varandas, J. M. (2002). Development of pre-service mathematics teachers' professional knowledge and identity in working with information and communication technology. *Journal of Mathematics Teacher Education, 5*(2), 93-115.

Preiner, J. (2008). *Introducing dynamic mathematics software to mathematics teachers: The case of GeoGebra.* (Doctoral dissetation (Mathematics Education)). University of Salzburg, Salzburg.

Prodromou, T. (2014). GeoGebra in teaching and learning introductory statistics. *Electronic Journal of Mathematics & Technology, 8*(5), 363-376.

Riales, J. W. (2011). An examination of secondary mathematics teachers' TPACK development through participation in a technology-based lesson study.

Sayed, N., & Lento, C. (2015). The impact of technology on academic dishonesty: Perspectives from accounting faculty. *Available at SSRN 2655615*.

Saylor, J. G., Alexander, W., & Lewis, A. J. (1981). *Curriculum Planning for Better Teaching and Learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). *Journal of Research on Technology in Education, 42*(2), 123-149. doi:10.1080/15391523.2009.10782544

Shafer, K., G. (2004). *Two High School Teachers' Initial Use of Geometer's Sketchpad: Issues of Implementation.* (Doctoral dissertation (Mathematics)). Western Michigan University, Kalamazoo, Michigan. Retrieved from

https://scholarworks.wmich.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2141&context=dissertations

Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review, 57*(1), 1-23. doi:10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4-14. doi:10.3102/0013189x015002004

So, H.-J., & Kim, B. (2009). Learning about problem based learning: Student teachers integrating technology, pedagogy and content knowledge. *Australasian Journal of Educational Technology, 25*(1). doi:10.14742/ajet.1183

Stylianides, G. J., & Stylianides, A. J. (2005). Validation of solutions of construction problems in dynamic geometry environments. *International Journal of Computers for Mathematical Learning, 10*(1), 31-47.

Suharwoto, G. (2006). *Developing and Implementing a Technology Pedagogical Content Knowledge (TPCK) for Teaching Mathematics with Technology*. Paper presented at the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2006, Orlando, Florida, USA. https://www.learntechlib.org/p/22695

Susan, M., Cox. (2008). *A Conceptual Analysis of Technological Pedagogical Content Knowledge.* (Doctoral dissertation (Instructional Psychology and Technology)). Brigham Young University, Provo, Utah. Retrieved from https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2481&context=etd

Susan, M., Cox, & Graham, C., R. (2009). Using an elaborated model of the TPACK framework to analyze and depict teacher knowledge. *TechTrends, 53*(5), 60-69.

Tam, M. (2000). Constructivism, instructional design, and technology: Implications for transforming distance learning. *Journal of Educational Technology & Society, 3*(2), 50-60.

Underhill, R. G. (1991). Two Layers of Constructivist Curricular Interaction. In E. Von Glasersfeld (Ed.), *Radical Constructivism in Mathematics Education* (pp. 229-248). Dordrecht: Springer Netherlands.

Wang, W., Schmidt-Crawford, D., & Jin, Y. (2018). Preservice teachers' TPACK

development: A review of literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education, 34*(4), 234-258.

Yimer, S. T., & Feza, N. N. (2019). Learners' Conceptual Knowledge Development and Attitudinal Change towards Calculus Using Jigsaw Co-operative Learning Strategy Integrated with GeoGebra. *International Electronic Journal of Mathematics Education, 15*(1), em0554.

Yimer, T., Sirak. (2019). *Jigsaw Co-Operative Learning Strategy Integrated with GeoGebra: A Tool For Content Knowledge Development of Intermediate Calculus For First Year Undergraduate Learners of Two Public Universities in Ethiopia.* (Doctoral dissertation (Mathematics, Science and Technology Education)). University of South Africa, Pretoria.

Zambak, V. S., & Tyminski, A. M. (2020). Examining mathematical technological knowledge of pre-service middle grades teachers with Geometer's Sketchpad in a geometry course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 51*(2), 183-207.

Zengin, Y., & Tatar, E. (2017). Integrating dynamic mathematics software into cooperative learning environments in mathematics. *Journal of Educational Technology & Society, 20*(2), 74-88.

Zhang, Q., & Kou, Q. (2012). The course research for the software program based on the constructivism teaching theories. *Physics Procedia, 25*, 2294-2297.

Zöchbauer, J., & Hohenwarter, M. (2020). *Developing a live session feature for GeoGebra for teaching and learning mathematics.* Paper presented at the 14th International Conference on Technology in Mathematics Teaching, Essen, Germany.

กรวุฒิ แผนพรหม, ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ, & กนิษฐา ศรีเคลือบ. (2564). การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบแนวคิดทีแพค-สะเต็ม. วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 27*(1), 49-64.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช *2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้

คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. *2560)* ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช *2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์, พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, & พัฒนี จันทรโรทัย. (2560). พหุกรณีศึกษา: การรับรู้เกี่ยวกับความรู้ความสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะและการปฏิบัติการสอนของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, *8*(1), 141-171.

กุลยา ตันติผลาชีวะ. (2551). คอนสตรัคติวิสต์ไม่ใช่วิธีสอน. วารสารการศึกษาปฐมวัย, *12*(1), 27-35.

จารุต วรสาร, ประภาพร หนองหารพิทักษ์, & ปวีณา ขันธ์ศิลา. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับการใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, *2*(1), 34-42.

ทรงชัย อักษรคิด. (2553). การพัฒนารูปแบบเพื่อเสริมสร้างความสามารถทางการสอนการแก้ปัญหาและการตั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักศึกษาครู. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตรศึกษา)). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ทิศนา แขมมณี. (2555). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (15 Ed.). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2560). รูปแบบการสอน ทางเลือกที่หลากหลาย. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2561). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (22 ed.). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิยม กิมานุวัฒน์. (2559). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (หลักสูตรและการสอน)). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ปัญญาพร เชื้อมั่ง, ขวัญ เพียซ้าย, สุกัญญา หะยีสาและ, ธีรศักดิ์ ฉลาดการณ์, & เอนก จันทรจรูญ. (2563). การศึกษาความสามารถในการพิสูจน์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี การสร้างข้อความคาดการณ์และพิสูจน์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, *19*(2), 40-49.

ผกาวรรณ วะนานาม. (2564). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์. (ปริญญานิพนธ์ ปร.ด. (หลักสูตรและการสอน)). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, สกลนคร.

พุทธชาด อังณะกูร, สุรวิทย์ อัสสพันธุ์, & เสมอกาญจน์ โสภณหิรัญรักษ์. (2562). การสังเคราะห์คุณลักษณะเชิงบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี การจัดการเรียนการสอนและเนื้อหากลุ่มสาระวิชา สำหรับนิสิตนักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและคณิตศาสตร์ศึกษา. วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, *14*(2), 87-103.

มารุต พัฒผล. (2563). การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, *12*(1), 1-16.

ลิลลา อดุลยศาสน์. (2561). ผลของการพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, *13*(1), 115-128.

ลิลลา อดุลยศาสน์, & สุภา ยธิกุล. (2559). รายงานวิจัย: การวัดระดับ *TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge)* และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับ *TPACK* ของครูคณิตศาสตร์ใน *3* จังหวัดชายแดนภาคใต้. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วนิดา หอมจันทร์, & บุญทวี อิ่มบุญตา. (2564). การพัฒนาโมเดลการวัดความสามารถของนักศึกษาครูด้านการบูรณาการความรู้ตามกรอบแนวคิดทีแพค มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, *40*(4), 83-97.

วิเชียร เกตุสิงห์. (2538). ค่าเฉลี่ยกับการแปลความหมาย: เรื่องง่าย ๆ ซึ่งบางครั้งก็พลาดได้. ข่าวสารการวิจัยการศึกษา, *18*(13), 8-11.

วีริศ กิตติวรากูล, ขวัญ เพียซ้าย, สุกัญญา หะยีสาและ, & เอนก จันทรจรูญ. (2562). การศึกษาความรู้เชิงมโนทัศน์และความสามารถในการพิสูจน์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการ จัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสร้างข้อความคาดการณ์และพิสูจน์. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, *18*(2), 67-74.

สายใจ ปินะกาพัง, & ประสาท เนืองเฉลิม. (2561). รูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, *13*(2), 288-300.

สุธาสินี นิ่มนวล, สุเมธ ผ่านวงศ์, สายชล มัคคารมณ์, & ปุณยพล จันทร์ฝอย. (2565). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟของฟังก์ชัน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนวัดนวลนรดิศ. วารสารวิชาการ ครุศาสตร์สวนสุนันทา, *5*(1), 46-55.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบรูปแบบการสอน และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู และเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครู มีดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เอนก จันทรจรูญ
   ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์ ดร.ธีรศักดิ์ ฉลาดการณ์
   ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์
   โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)
4. อาจารย์ ดร.ธีรเชษฐ์ เรืองสุขอนันต์
   โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)
5. อาจารย์พฤฒิพงศ์ โลหะสุวรรณ์
   โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร (ฝ่ายมัธยม)

ภาคผนวก ข
การหาคุณภาพของ "งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู"

การหาคุณภาพของ "งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู"

ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. นำงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และความชัดเจนของงานปฏิบัติในแต่ละข้อ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อของงานปฏิบัติดังนี้

คะแนน +1 สำหรับข้อที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
คะแนน 0 สำหรับข้อที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาหรือไม่
คะแนน -1 สำหรับข้อที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าไม่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

โดยใช้สูตรการคำนวณค่า IOC คือ

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง
$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ผู้วิจัยคัดเลือกงานปฏิบัติจำนวน 8 ข้อ ที่มีผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป ซึ่งสามารถแสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องได้ดังตาราง

ตาราง 8 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู

ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

จากตาราง 8 พบว่า ทุกข้อของงานปฏิบัติมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.6 ดังนั้น ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญสามารถสรุปได้ว่า งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูทุกข้อมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

3. คัดเลือกงานปฏิบัติจำนวน 8 ข้อ ไปใช้กับนิสิตครูกลุ่มนำร่อง จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (Difficulty Index: p) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index: r) ของงานปฏิบัติแต่ละข้อ โดยใช้สูตรการคำนวณคือ

ค่าความยากง่าย

$$p = \frac{S_u + S_l - \left(2NX_{min}\right)}{2N\left(X_{max} - X_{min}\right)}$$

เมื่อ p คือ ค่าความยากง่าย

S_u คือ ผลรวมคะแนนของนิสิตครูในกลุ่มสูง

S_l คือ ผลรวมคะแนนของนิสิตครูในกลุ่มต่ำ

N คือ จำนวนนิสิตครูในกลุ่มต่ำหรือกลุ่มสูง

X_{max} คือ คะแนนที่นิสิตครูทำได้สูงสุด

X_{min} คือ คะแนนที่นิสิตครูทำได้ต่ำสุด

ค่าอำนาจจำแนก

$$r = \frac{S_u - S_l}{N\left(X_{max} - X_{min}\right)}$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก

S_u คือ ผลรวมคะแนนของนิสิตครูในกลุ่มสูง

S_l คือ ผลรวมคะแนนของนิสิตครูในกลุ่มต่ำ

N คือ จำนวนนิสิตครูในกลุ่มต่ำหรือกลุ่มสูง

X_{max} คือ คะแนนที่นิสิตครูทำได้สูงสุด

X_{min} คือ คะแนนที่นิสิตครูทำได้ต่ำสุด

ผลการตรวจสอบค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกสามารถแสดงได้ดังตาราง 9

ตาราง 9 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู

ข้อที่	p	R
1	0.73	0.30
2	0.67	0.26
3	0.74	0.21
4	0.77	0.23
5	0.63	0.26
6	0.78	0.33
7	0.76	0.28
8	0.34	0.39

4. วิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบัค โดยใช้สูตร

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1-\frac{\sum_{i=1}^{k} S_i^2}{S^2}\right)$$

เมื่อ α คือ สัมประสิทธิ์ค่าความเชื่อมั่น

k คือ จำนวนข้อในงานปฏิบัติ

S_i^2 คือ ความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละข้อ

S^2 คือ ความแปรปรวนของข้อมูลทั้งหมด

จากตาราง 9 พบว่าทุกข้อในงานปฏิบัติมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และมีคำอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป นอกจากนี้ค่าความเชื่อมั่นของงานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู โดยการคำนวณด้วยวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบัคเท่ากับ 0.73 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.70 ดังนั้น งานปฏิบัตินี้ จึงสามารถใช้วัดความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครูได้

ภาคผนวก ค
งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู

งานปฏิบัติ เรื่อง ความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู

คำชี้แจง

1. ให้นิสิตระบุชื่อ - สกุล รหัสประจำตัวนิสิต ในแต่ละหน้าของงานปฏิบัติ

2. ให้นิสิตแสดงการสร้างให้ถูกต้องและสมบูรณ์ตามเงื่อนไขของแต่ละ Task ที่กำหนด

3. งานปฏิบัตินี้มีจำนวน 8 ข้อ เวลาในการทดสอบ คือ 120 นาที (2 ชั่วโมง) เมื่อหมดเวลาแล้วให้นิสิตออกจากหน้าต่างการทำงานให้เรียบร้อย

4. ไม่อนุญาตให้ปรึกษา สอบถามระหว่างกันขณะทำการทดสอบ

5. หากพบปัญหาในระหว่างการทดสอบ ให้ดำเนินการดังนี้

5.1 มีข้อสงสัยในคำถาม ให้นิสิตพิมพ์ข้อคำถามในช่องแชทไปยังกรรมการคุมสอบประจำห้อง

5.2 อินเทอร์เน็ตหลุด ให้นิสิตพิมพ์ข้อความแจ้งไปยังผู้สอนโดยทันที จากนั้นให้พยายามต่ออินเทอร์เน็ตใหม่ โดยในกรณีที่อินเทอร์เน็ตบ้านมีปัญหา อาจใช้อินเทอร์เน็ตโทรศัพท์ แล้วเข้าไปทำต่อได้ขณะสอบโดยใช้ GeoGebra Account ที่ได้ลงทะเบียนไว้

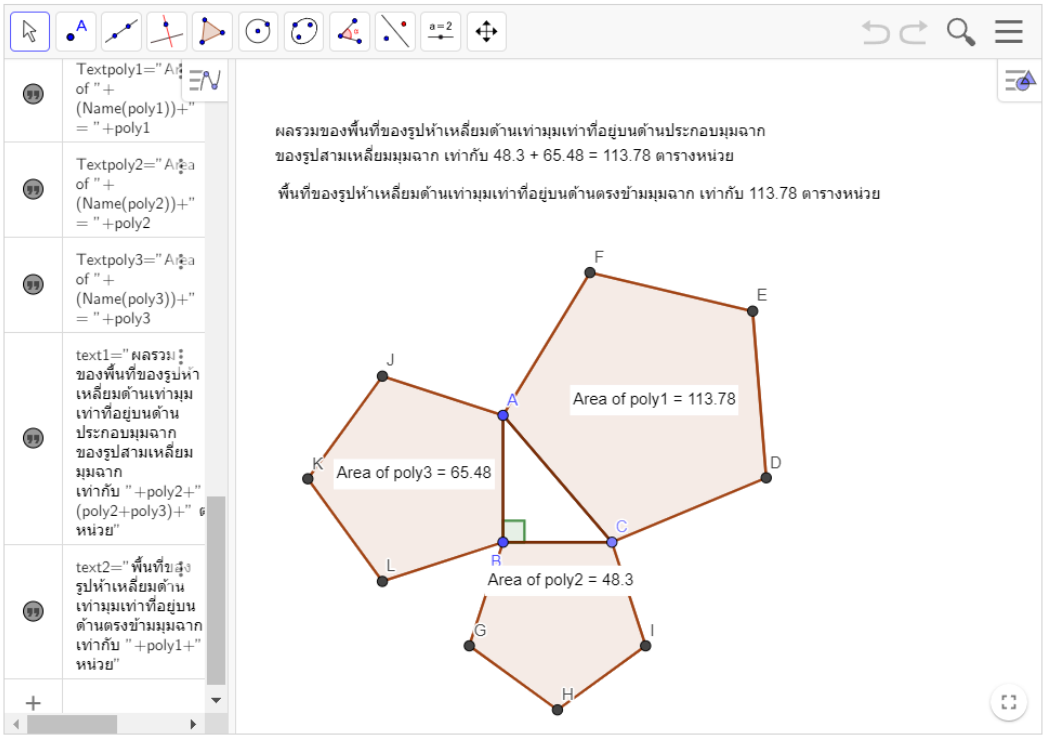
หากยังไม่สามารถต่ออินเทอร์เน็ตได้ หรือเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นระหว่างการทดสอบ เช่น ไฟดับ และโทรศัพท์ไม่สามารถใช้อินเทอร์เน็ตได้ ให้ติดต่อผู้สอนทางช่องข้อความ หรือโทรศัพท์โดยทันที

งานปฏิบัติข้อที่ 1

1. รูปสามเหลี่ยมมุมฉากกับรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า

ให้นิสิตแสดงการสร้างต่อไปนี้
1. สร้างรูปสามเหลี่ยม**มุมฉาก** ABC ซึ่งมี $\angle ABC$ เป็นมุมฉาก และสามารถปรับขนาดได้
2. สร้างรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าบนแต่ละด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ABC
3. สร้างข้อความแบบพลวัต (Dynamic Text) ดังนี้
   3.1 ผลรวมของพื้นที่ของรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่อยู่บนด้านประกอบมุมฉากของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก เท่ากับ <ค่าของผลรวมของพื้นที่ของรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่อยู่บนด้านประกอบมุมฉาก> ตารางหน่วย
   3.2 พื้นที่ของรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่อยู่บนด้านตรงข้ามมุมฉาก เท่ากับ <ค่าของพื้นที่ของรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่อยู่บนด้านตรงข้ามมุมฉาก> ตารางหน่วย
4. ตอบคำถามใน Task 3

Task 2



Task 3: **ตอบคำถามผลที่ได้จาก** Task 2

ผลรวมของพื้นที่ของรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่อยู่บนด้านประกอบมุมฉากของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก เท่ากับ พื้นที่ของรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่อยู่บนด้านตรงข้ามมุมฉาก หรือไม่

Select all that apply

A ☑ ใช่

B ☐ ไม่ใช่

เกณฑ์การให้คะแนนงานปฏิบัติข้อที่ 1: คะแนนเต็มทั้งหมด 8 คะแนน โดยคิดจาก

1. การสร้างรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ABC พิจารณาจากองค์ประกอบต่อไปนี้ (รวม 3 คะแนน)

1) การสร้างรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก

- ถ้าสามารถสร้างได้ถูกต้องทั้งหมด (ปรับขนาดได้ และเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากเสมอ) จะได้ 2 คะแนน

- ถ้าสามารถสร้างได้ถูกต้องบางส่วน (ปรับขนาดไม่ได้ แต่เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก) จะได้ 1 คะแนน

- ถ้าไม่สามารถสร้างได้ถูกต้อง หรือไม่แสดงการสร้าง จะได้ 0 คะแนน

2) ถ้ากำหนดชื่อจุด B ให้เป็นจุดยอดของมุมฉากของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก จะได้ 1 คะแนน

2. การสร้างรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าบนด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (รวม 1.5 คะแนน)

- ถ้าสร้างได้ถูกต้อง จะได้รูปละ 0.5 คะแนน รวม 3 รูป คิดเป็น 1.5 คะแนน

3. ในการหาพื้นที่รูปห้าเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าบนด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (รวม 1.5 คะแนน)

- ถ้าหาพื้นที่ได้ถูกต้อง จะได้รูปละ 0.5 คะแนน รวม 3 รูป คิดเป็น 1.5 คะแนน

4. แสดงการคำนวณผลบวกของพื้นที่ของรูปที่ได้จากด้านประกอบมุมฉาก จะได้ 1 คะแนน

5. ตอบคำถามใน Task 3 ได้ถูกต้อง จะได้ 1 คะแนน

งานปฏิบัติข้อที่ 2

2. วงกลมแนบในรูปสามเหลี่ยม

จงใช้คำแนะนำและเงื่อนไขที่กำหนดให้ต่อไปนี้ สร้างวงกลมแนบในรูปสามเหลี่ยม ABC ใด ๆ ให้ถูกต้อง

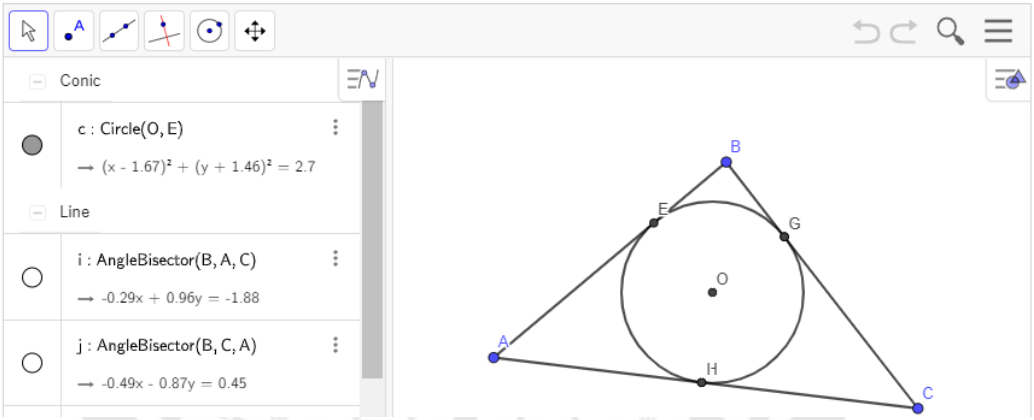
คำแนะนำ

1. จุดศูนย์กลางของวงกลมแนบในรูปสามเหลี่ยมสามารถหาได้จากจุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งมุมของรูปสามเหลี่ยม
2. เส้นสัมผัสวงกลม จะตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมที่จุดสัมผัส

เงื่อนไขสำหรับการสร้างในข้อนี้

1. ให้ใช้เฉพาะเครื่องมือในปุ่ม Move Points Lines Special Lines และ Circles ที่กำหนดให้เท่านั้นในการสร้าง
2. ผลลัพธ์สุดท้าย ให้แสดงเฉพาะอ็อบเจกต์ต่อไปนี้
   1) จุดศูนย์กลางของวงกลม ที่มีชื่อว่าจุด O
   2) ด้านและจุดยอดมุมของรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด
   3) จุดสัมผัสระหว่างวงกลมกับรูปสามเหลี่ยมทั้ง 3 ด้าน
   4) วงกลมแนบในรูปสามเหลี่ยม

Task 4



เกณฑ์การให้คะแนนงานปฏิบัติข้อที่ 2: คะแนนเต็มทั้งหมด 8 คะแนน โดยคิดจากขั้นตอนการสร้างต่อไปนี้

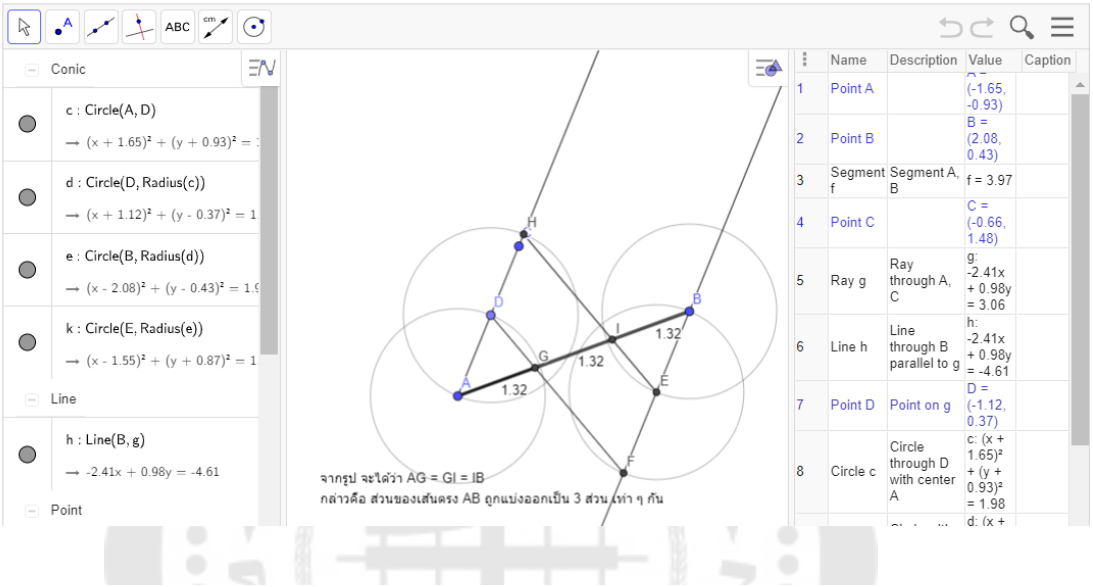
1. สร้างรูปสามเหลี่ยมใด ๆ (1 คะแนน)
2. สร้างเส้นแบ่งครึ่งมุมของรูปสามเหลี่ยมได้อย่างน้อย 2 เส้น (2 คะแนน)
3. หาจุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งมุมได้ (1 คะแนน)
4. สร้างเส้นตั้งฉากจากจุดที่ได้ในข้อ 2 กับด้านของรูปสามเหลี่ยมได้อย่างน้อย 1 เส้น (1 คะแนน)
5. หาจุดตัดของเส้นตั้งฉากที่ได้ในข้อ 3 กับด้านของรูปสามเหลี่ยมได้ (1 คะแนน)
6. สร้างวงกลมที่มีจุดที่ได้ในข้อ 2 เป็นจุดศูนย์กลาง และมีจุดปลายเป็นจุดที่ได้ในข้อ 4 (1 คะแนน)
7. ตั้งชื่อและแสดงเฉพาะอ็อบเจกต์ตามเงื่อนไขของโจทย์ได้ถูกต้อง (1 คะแนน)

งานปฏิบัติข้อที่ 3

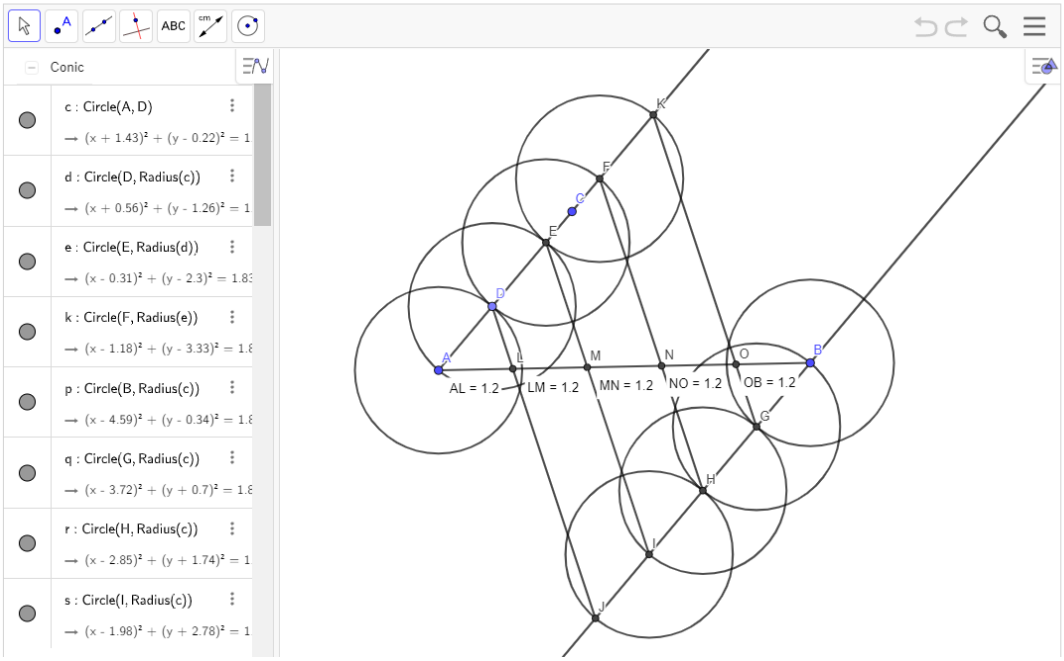
3. การแบ่งส่วนของเส้นตรง

1. พิจารณา Applet ตัวอย่างใน Task 5 ซึ่งเป็นการแบ่งส่วนของเส้นตรงออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กัน (สามารถพิจารณาขั้นตอนการสร้างจากหน้าต่าง Algebra และ Construction ได้)
2. ให้นำแนวคิดจาก Applet ตัวอย่างใน Task 5 ไปใช้ในการแบ่งส่วนของเส้นตรง AB ที่กำหนด ออกเป็น 5 ส่วนเท่า ๆ กัน ใน Task 6 โดยกำหนดให้ใช้เฉพาะเครื่องมือในปุ่ม Move Points Lines Special Lines และ Circles ในการสร้างเท่านั้น

Task 5: Applet ตัวอย่าง การแบ่งส่วนของเส้นตรงออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กัน



Task 6: สำหรับการทำงานในข้อ 3 การแบ่งส่วนของเส้นตรงออกเป็น 5 ส่วนเท่า ๆ กัน



เกณฑ์การให้คะแนนงานปฏิบัติข้อที่ 3: คะแนนเต็มทั้งหมด 8 คะแนน โดยคิดจากขั้นตอนการสร้างต่อไปนี้

1. สร้างรังสี f จากจุด A ใด ๆ (1 คะแนน)

2. ที่จุด B สร้างเส้นตรง g ที่ขนานกับรังสี f (1 คะแนน)

3. สร้างวงกลมที่มี A เป็นจุดศูนย์กลาง และจุด D เป็นจุดบนวงกลมซึ่งอยู่บนรังสี f (1 คะแนน)

4. สร้างวงกลมให้มีรัศมีเท่ากับ AD และจุด D เป็นจุดศูนย์กลาง โดยตัดกับรังสี f ที่จุด E (1 คะแนน)

5. สร้างจุด F และ G บนรังสี f ซึ่งได้มาจากการสร้างในทำนองเดียวกันกับข้อ 4 (1 คะแนน)

6. สร้างวงกลมให้มีรัศมีเท่ากับ AD และจุด B เป็นจุดศูนย์กลาง โดยตัดกับเส้นตรง g ที่จุด H ซึ่งอยู่ฝั่งตรงข้ามกับจุด D เมื่อเทียบกับส่วนของเส้นตรง AB (1 คะแนน)

7. สร้างจุด I, J และ K บนเส้นตรง g โดยวิธีการในทำนองเดียวกันกับข้อ 6 (1 คะแนน)

8. ลาก $\overline{DK}, \overline{EJ}, \overline{FI}$ และ $\overline{GH}$ ให้ตัดกับ $\overline{AB}$ ที่จุด L, M, N และ O ตามลำดับ (1 คะแนน)

งานปฏิบัติข้อที่ 4

4. CAS

จงใช้เครื่องมือ CAS ในการหาคำตอบในแต่ละข้อต่อไปนี้

Row 1: กำหนดฟังก์ชัน f เป็น $f(x) = \frac{|x|}{x}$ (1 คะแนน)

Row 2: แสดงการหา $\lim_{x \to 0^+} f(x)$ (1 คะแนน)

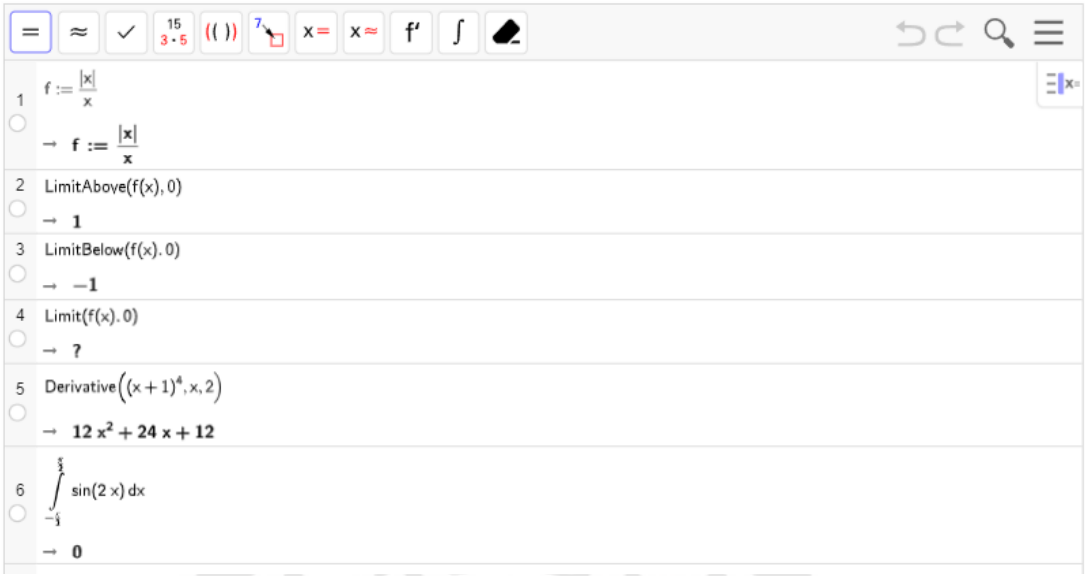
Row 3: แสดงการหา $\lim_{x \to 0^-} f(x)$ (1 คะแนน)

Row 4: แสดงการหา $\lim_{x \to 0} f(x)$ (1 คะแนน)

Row 5: แสดงการหาค่าของ $\frac{d^2}{dx^2}(x+1)^4$ (2 คะแนน)

Row 6: แสดงการหาค่าของ $\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (sin 2x) dx$ (2 คะแนน)

Task 8: สำหรับการทำงานในข้อ 4



เกณฑ์การให้คะแนนงานปฏิบัติข้อที่ 4: คะแนนเต็มทั้งหมด 8 คะแนน โดยคิดจาก

1. Row 1 ถึง Row 4 ถ้าแสดงผลได้ถูกต้อง จะได้ข้อละ 1 คะแนน (รวมคะแนนเต็ม 4 คะแนน)

2. Row 5: คะแนนเต็ม 2 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- ถ้าไม่สามารถแสดงการหาอนุพันธ์ได้ จะได้ 0 คะแนน
- ถ้าหาอนุพันธ์อันดับ 1 ได้ถูกต้อง หรือหาอนุพันธ์อันดับ 2 ได้ถูกต้อง แต่ไม่แสดงการแทนค่าจะได้ 1 คะแนน
- ถ้าหาอนุพันธ์อันดับ 2 และแสดงการแทนค่าได้ถูกต้อง จะได้ 2 คะแนน

3. Row 6: คะแนนเต็ม 2 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- ถ้าไม่สามารถแสดงการหาปริพันธ์ได้ จะได้ 0 คะแนน
- ถ้าหาปริพันธ์แบบไม่จำกัดเขตได้ จะได้ 1 คะแนน
- ถ้าหาปริพันธ์แบบจำกัดเขตได้ จะได้ 2 คะแนน

งานปฏิบัติข้อที่ 5

5. เมทริกซ์

จงใช้เครื่องมือ CAS และ Spreadsheet ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ใน Spreadsheet ให้สร้างเมทริกซ์ $A = \begin{bmatrix} 11 & -5 \\ 2 & -1 \end{bmatrix}$ และ $B = \begin{bmatrix} 1 & -5 \\ 2 & -11 \end{bmatrix}$

โดยให้แสดงผลเมทริกซ์ A ใน Row 1 ของ CAS และเมทริกซ์ B ใน Row 2 ของ CAS (2 คะแนน)

2. Row 3 ให้แสดงผลคูณของเมทริกซ์ AB (1 คะแนน)

3. ใน Spreadsheet สร้างเมทริกซ์ C เป็นเมทริกซ์มิติ 2x2 ใด ๆ (ใส่จำนวนอะไรลงไปก็ได้)

โดยให้แสดงผลเมทริกซ์ C ใน Row 4 ของ CAS (1 คะแนน)

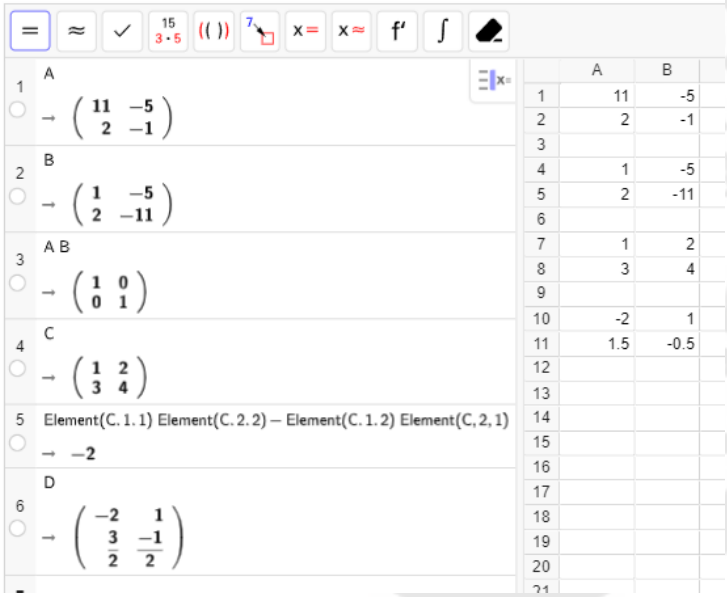
4. ให้หา det(C) โดยห้ามใช้คำสั่ง determinant(C) ใน Row 5 ของ CAS (2 คะแนน)

(แนะนำ: สูตรการหา determinant สำหรับเมทริกซ์ $\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ คือ ad - bc)

5. ให้หา $D := C^{-1}$ โดยห้ามใช้คำสั่ง invert(C) หรือ C^-1 ใน Row 6 ของ CAS (2 คะแนน)

(แนะนำ: สูตรการหาอินเวอร์สการคูณสำหรับเมทริกซ์ $\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ คือ $\frac{1}{ad - bc}\begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$ โดยนิสิตอาจจะต้องระบุตำแหน่งของสมาชิกแต่ละตัวของเมทริกซ์ D ใน Spreadsheet ก่อนก็ได้)

Task 10: สำหรับการทำงานในข้อ 5



เกณฑ์การให้คะแนนงานปฏิบัติข้อที่ 5: คะแนนเต็มทั้งหมด 8 คะแนน โดยคิดจาก

1. Row 1 ถึง Row 4 ถ้าแสดงผลได้ถูกต้อง จะได้ข้อละ 1 คะแนน (รวมคะแนนเต็ม 4 คะแนน)

2. Row 5: คะแนนเต็ม 2 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนจากประเด็นต่อไปนี้

- ถ้าสามารถใช้ฟังก์ชันในการอ้างอิงสมาชิกของเมทริกซ์ได้ถูกต้องทั้งหมด จะได้ 2 คะแนน

- ถ้าสามารถใช้ฟังก์ชันในการอ้างอิงสมาชิกของเมทริกซ์ได้ถูกต้องบางส่วน จะได้ 1 คะแนน

- ถ้าไม่สามารถแสดงการหาดีเทอร์มิแนนต์ได้ถูกต้อง หรือมีการใช้ฟังก์ชัน determinant จะได้ 0 คะแนน

3. Row 6: คะแนนเต็ม 2 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนจากประเด็นต่อไปนี้

- ถ้าสามารถใช้ฟังก์ชันในการอ้างอิงสมาชิกของเมทริกซ์ได้ถูกต้องทั้งหมด จะได้ 2 คะแนน

- ถ้าสามารถใช้ฟังก์ชันในการอ้างอิงสมาชิกของเมทริกซ์ได้ถูกต้องบางส่วน จะได้ 1 คะแนน

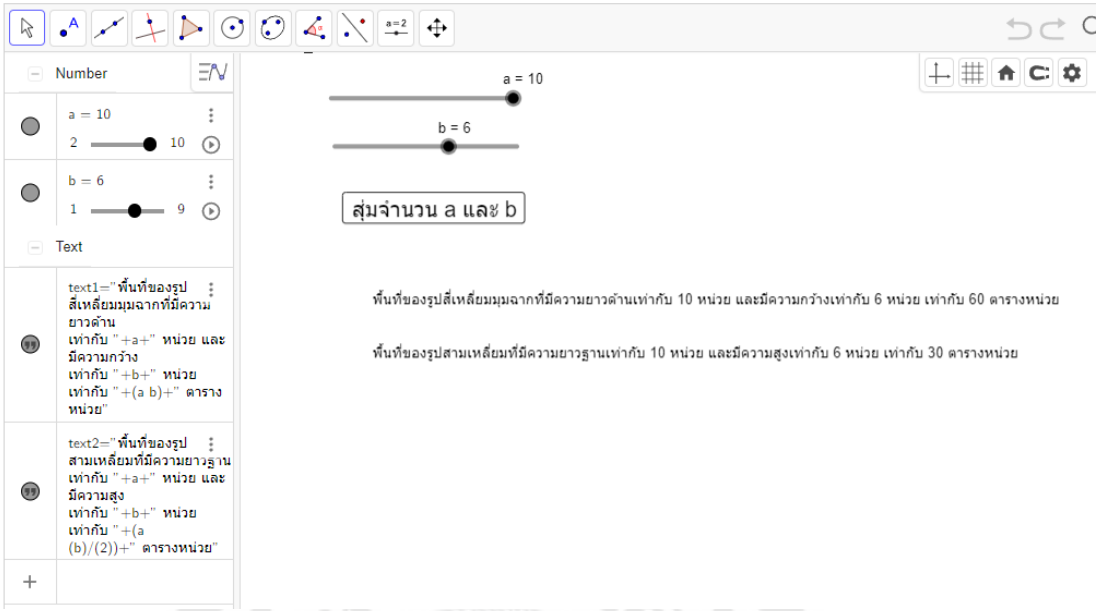
- ถ้าไม่สามารถแสดงการหาอินเวร์สการคูณได้ถูกต้อง หรือมีการใช้ฟังก์ชัน invert จะได้ 0 คะแนน

งานปฏิบัติข้อที่ 6

6. ฟังก์ชันในการสุ่มกับข้อความแบบพลวัต

ให้นิสิตสร้างในชิ้นงานตามแต่ละข้อต่อไปนี้ให้ถูกต้อง
1. กำหนดตัวแปร a ให้เป็นชนิดจำนวนเต็มจาก 2 ถึง 10 (1 คะแนน)
2. กำหนดตัวแปร b ให้เป็นชนิดจำนวนเต็มจาก 1 ถึง 9 (1 คะแนน)
3. สร้างปุ่มสำหรับสุ่มจำนวน a และ b โดยที่
   a ให้เป็นจำนวนเต็มที่อยู่ในช่วง 2 ถึง 10
   และ b ให้เป็นจำนวนเต็มที่อยู่ในช่วง 1 ถึง a-1 (2 คะแนน)
4. สร้างข้อความแบบพลวัตซึ่งแสดงผลดังนี้
   "พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีความยาวด้านเท่ากับ <ค่าของ a> หน่วย
   และมีความกว้างเท่ากับ <ค่าของ b> หน่วย เท่ากับ <ค่าของ a * b> ตารางหน่วย" (2 คะแนน)
5. สร้างข้อความแบบพลวัตซึ่งแสดงผลดังนี้
   "พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมที่มีความยาวฐานเท่ากับ <ค่าของ a> หน่วย
   และมีความสูงเท่ากับ <ค่าของ b> หน่วย เท่ากับ <ค่าของ a * b/2> ตารางหน่วย" (2 คะแนน)

Task 13: สำหรับการทำงานในข้อ 6



เกณฑ์การให้คะแนนงานปฏิบัติข้อที่ 6: คะแนนเต็มทั้งหมด 8 คะแนน โดยคิดจากขั้นตอนการสร้างต่อไปนี้

1. กำหนดตัวแปร a ได้ถูกต้องตามเงื่อนไขของโจทย์ (1 คะแนน)
2. กำหนดตัวแปร b ได้ถูกต้องตามเงื่อนไขของโจทย์ (1 คะแนน)
3. ในการสร้างปุ่มสำหรับสุ่มจำนวน a และ b
   - ถ้ากำหนดเงื่อนไขในการสุ่มของทั้งสองตัวแปรถูกต้อง จะได้ 2 คะแนน
   - ถ้ากำหนดเงื่อนไขในการสุ่มของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งถูกต้องเพียงตัวแปรเดียว จะได้ 1 คะแนน
   - ถ้ากำหนดเงื่อนไขในการสุ่มของตัวแปรไม่ถูกต้องเลย หรือไม่ได้สร้างปุ่ม จะได้ 0 คะแนน
4. ในแต่ละข้อความพลวัตที่ได้จากการทำขั้นตอนที่ 4 และ 5 ของกิจกรรม
   - ถ้าแสดงผลได้ถูกต้องทั้งหมด จะได้ 2 คะแนน
   - ถ้าแสดงผลได้ถูกต้องบางส่วน จะได้ 1 คะแนน
   - ถ้าแสดงผลไม่ถูกต้องเลย หรือไม่ได้สร้าง จะได้ 0 คะแนน

งานปฏิบัติข้อที่ 7

7. กราฟแบบพลวัต

กำหนดให้

a, และ b เป็นตัวแปรชนิดจำนวนจริง มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 และ

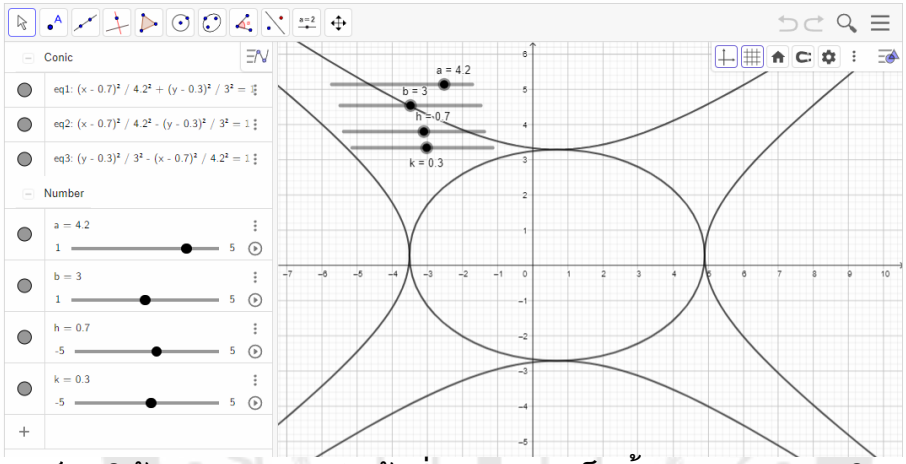
h และ k เป็นตัวแปรชนิดจำนวนจริง มีค่าตั้งแต่ -5 ถึง 5 ให้เขียนกราฟของสมการต่อไปนี้ใน Applet เดียวกัน

1. สมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{a^2}+\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$

2. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีเส้นขนานกับแกน X เป็นแกนตามขวาง $\frac{(x-h)^2}{a^2}-\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$

3. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีเส้นขนานกับแกน Y เป็นแกนตามขวาง $\frac{(y-k)^2}{b^2}-\frac{(x-h)^2}{a^2}=1$

Task 14: สำหรับการทำงานในข้อ 7



เกณฑ์การให้คะแนนงานปฏิบัติข้อที่ 7: คะแนนเต็มทั้งหมด 8 คะแนน โดยคิดจากขั้นตอนการสร้างต่อไปนี้

1. ในการกำหนดตัวแปร a, b, h และ k ถ้ากำหนดได้ถูกต้องตามเงื่อนไข จะได้ตัวแปรละ 0.5 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 2 คะแนน

2. ในการเขียนกราฟของสมการวงรี และไฮเพอร์โบลาในข้อที่ 1 - 3 ของงานปฏิบัติคิดเป็นคะแนนเต็ม 6 คะแนน โดยในแต่ละข้อให้พิจารณาการให้คะแนนดังนี้

- ถ้ากำหนดตัวแปรในการแสดงการเขียนกราฟได้ถูกต้องทั้งหมด จะได้ข้อละ 2 คะแนน

- ถ้ากำหนดตัวแปรในการแสดงการเขียนกราฟได้ถูกต้องบางส่วน จะได้ข้อละ 1 คะแนน

- ถ้ากำหนดตัวแปรในการแสดงการเขียนกราฟไม่ถูกต้องเลย หรือไม่ได้เขียนกราฟของสมการ จะได้ 0 คะแนน

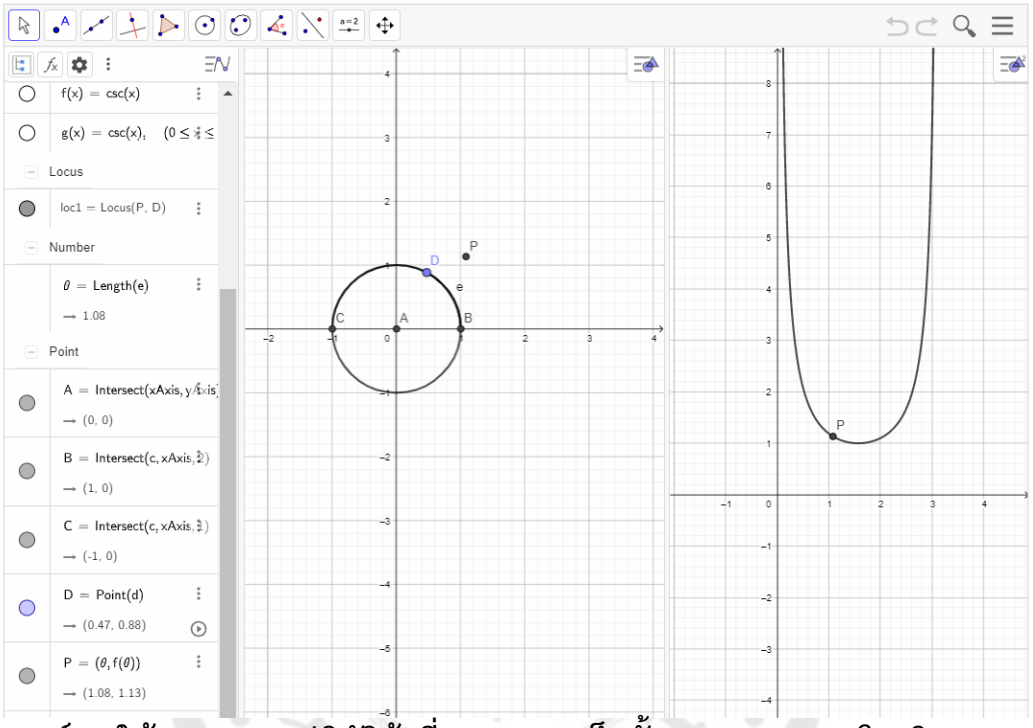
งานปฏิบัติข้อที่ 8

8. การเขียนกราฟของฟังก์ชันตรีโกณมิติโดยใช้โลคัสของจุดบนวงกลมหนึ่งหน่วย

ให้เขียนกราฟของฟังก์ชัน f(x) = cosec(x) เมื่อ $x \in (0, \pi)$ โดยใช้จุดบนวงกลมหนึ่งหน่วย และการสร้างโลคัสของเซตของจุดที่สอดคล้องกับ f (จุดที่มีพิกัดในรูป (ความยาวของส่วนโค้ง,cosec(ความยาวของส่วนโค้ง)) โดยที่

1. วงกลมหนึ่งหน่วยแสดงใน Graphics 1 (หน้าต่างกลางของ Applet)
2. โลคัสของเซตของจุดที่สอดคล้องกับ f แสดงใน Graphics 2 (หน้าต่างด้านขวาของ Applet)

Task 15: สำหรับการทำงานในข้อ 8



เกณฑ์การให้คะแนนงานปฏิบัติข้อที่ 8: คะแนนเต็มทั้งหมด 8 คะแนน โดยคิดจากขั้นตอนการสร้างต่อไปนี้

1. สร้างวงกลมหนึ่งหน่วยได้ถูกต้อง จะได้ 1 คะแนน

2. สร้างส่วนโค้งบนวงกลมหนึ่งหน่วย จากจุด (1, 0) ไปยังจุด (-1, 0) ได้ถูกต้อง จะได้ 1 คะแนน

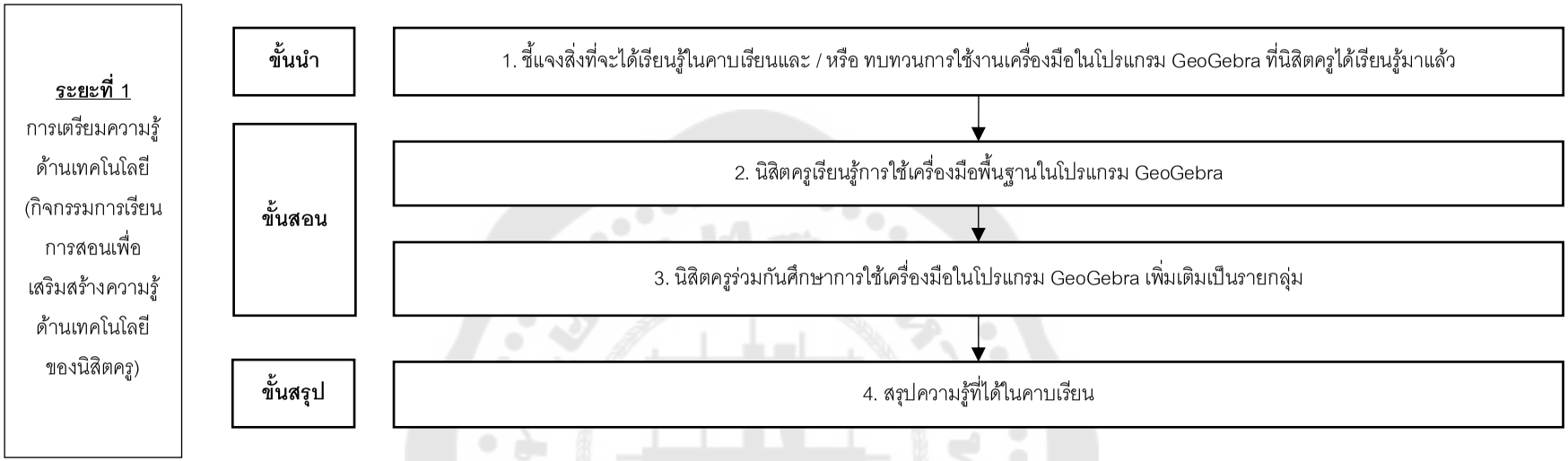
3. วางจุด P ซึ่งเป็นจุดบนส่วนโค้งที่ได้ในข้อ 2 จะได้ 1 คะแนน

4. ลงจุด Q ให้มีพิกัดเป็น $\left(x(P), \operatorname{cosec}\left(x(P)\right)\right)$ จะได้ 2 คะแนน

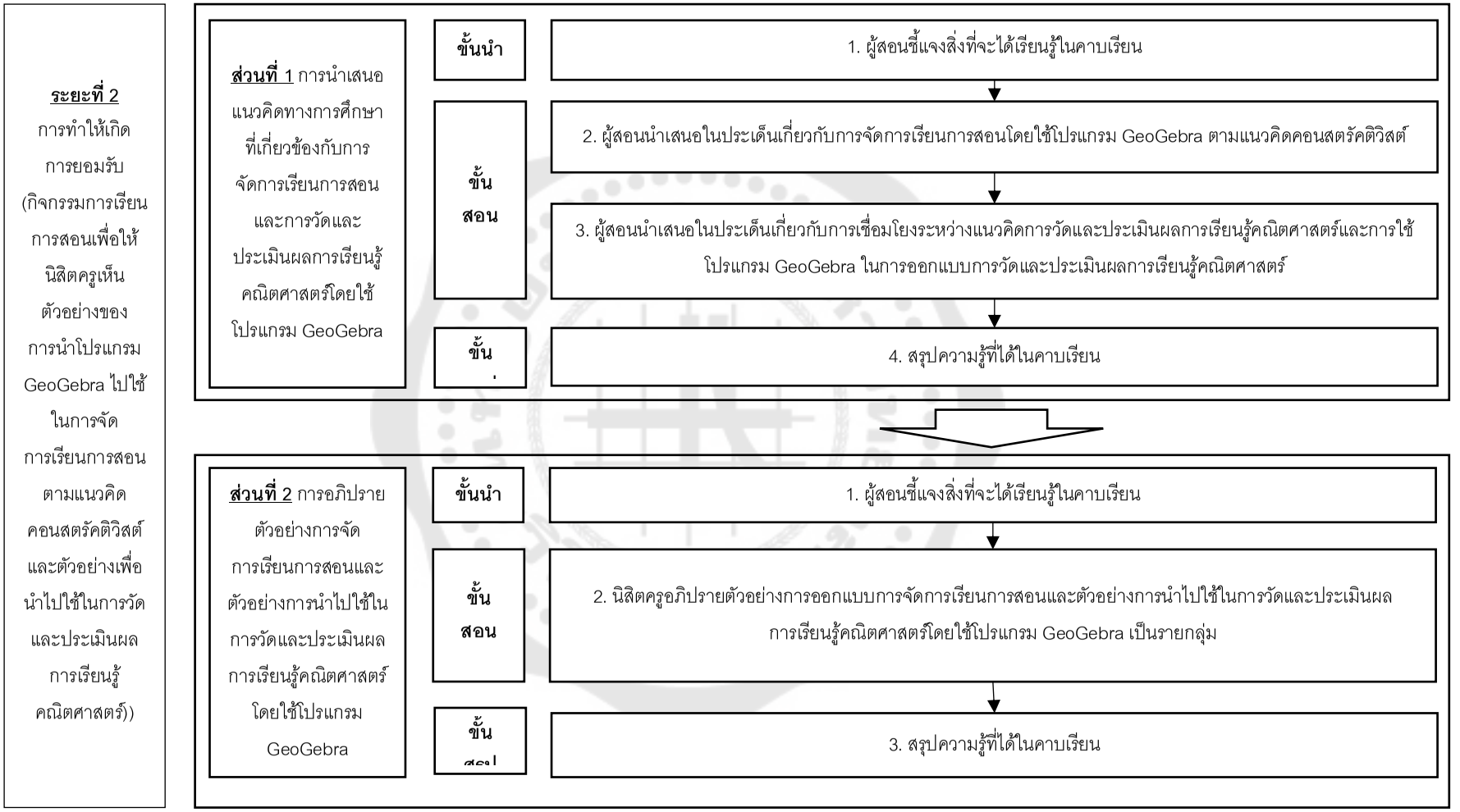
5. สร้างโลคัสจากจุด P ไปยังจุด Q จะได้ 1 คะแนน

6. ปรับการแสดงผลตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดได้ถูกต้องทั้งหมด จะได้ 2 คะแนน หรือถูกต้องบางส่วน จะได้ 1 คะแนน หรือ ไม่มีการปรับการแสดงผลเลย จะได้ 0 คะแนน

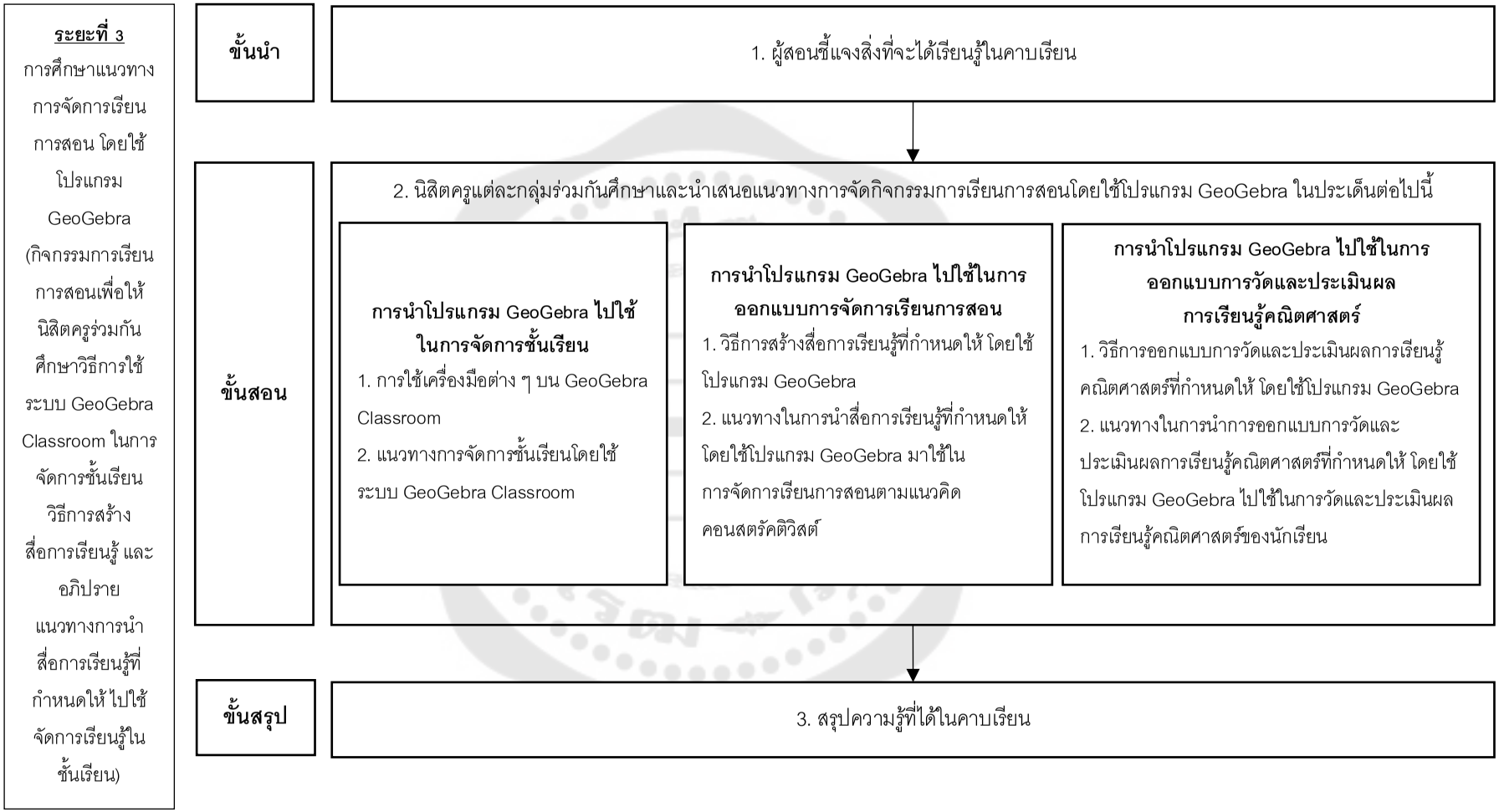
ภาคผนวก ง
รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) และรายละเอียดของรูปแบบการสอน



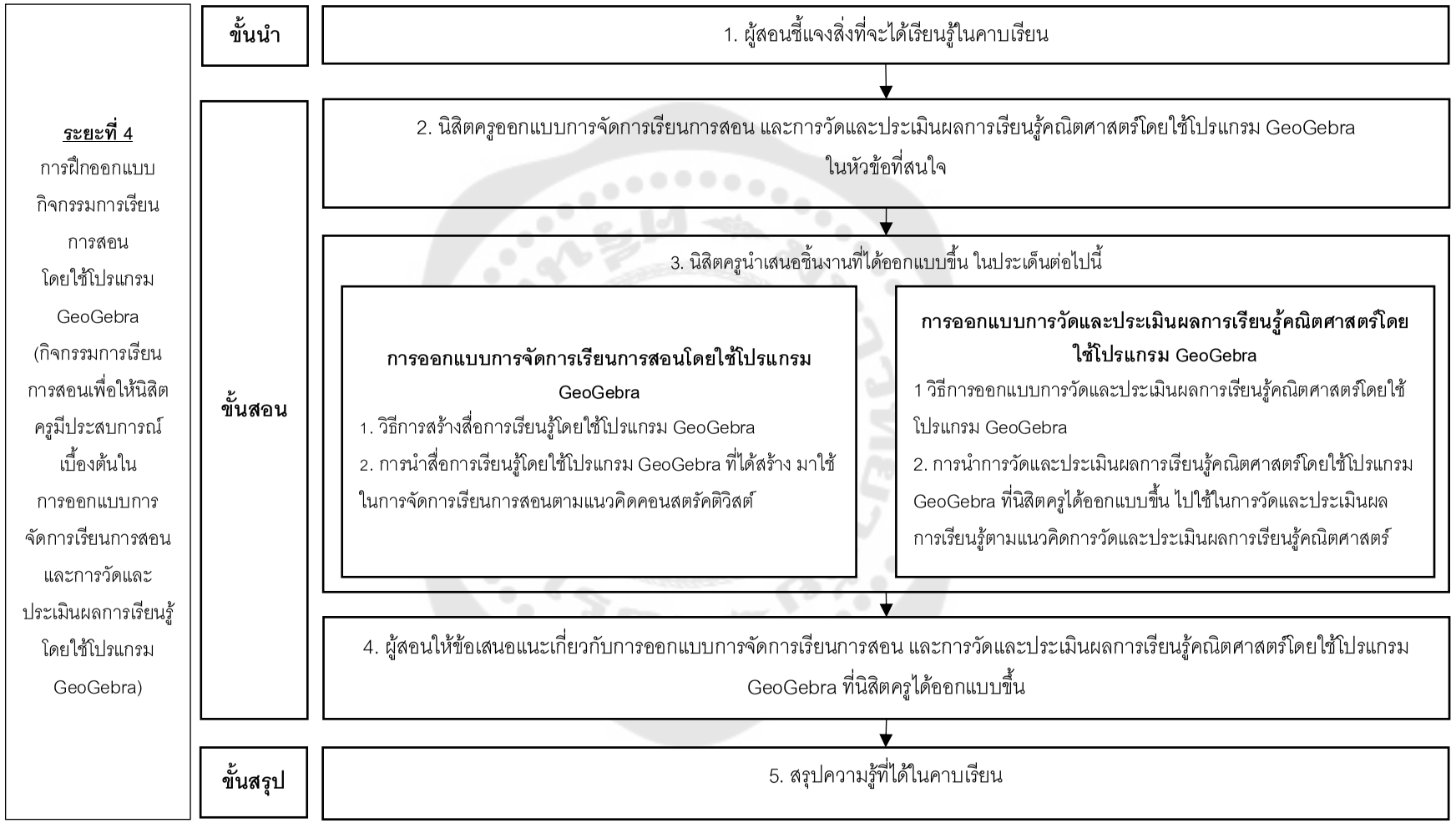
ภาพประกอบ 22 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) ระยะที่ 1



ภาพประกอบ 23 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้างที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) ระยะที่ 2



ภาพประกอบ 24 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) ระยะที่ 3



ภาพประกอบ 25 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) ระยะที่ 4

ตาราง 10 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ระยะที่ 1

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้เรียนรู้และ / หรือชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	1. เพื่อให้นิสิตครูทบทวนวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra 2. เพื่อให้นิสิตครูเห็นแนวทางการนำเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปใช้ในการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ 3. เพื่อให้นิสิตครูสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียนได้	1. การให้นิสิตครูทบทวนผ่านการฝึกการนำเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้มาแล้ว จะเป็นการทำให้นิสิตครูได้มีความรู้พื้นฐานที่จะนำมาใช้ในการเรียนรู้เครื่องมือใหม่ในคาบเรียนถัดไป 2. การให้นิสิตครูทบทวนการนำเครื่องมือไปใช้ในสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดให้ จะช่วยทำให้นิสิตครูเห็นแนวทางการนำเครื่องมือที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม 3. การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนโดยจัดกิจกรรมดังนี้ 1. ทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้เรียนรู้มาแล้ว โดยให้นิสิตครูลงมือปฏิบัติการใช้เครื่องมือในการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ 2. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูเรียนรู้การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ของคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูระบุวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ได้	1. การเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติตามการสาธิตโดยผู้สอน จะช่วยให้นิสิตครูเห็นวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra เบื้องต้นได้ 2. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถกำหนดให้นิสิตครูได้เลือกใช้เฉพาะเครื่องมือที่กำหนดของคาบเรียนนั้น ๆ ซึ่งมีความเหมาะสมกับการเรียนรู้ในระดับเบื้องต้น 3. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยติดตามการทำงาน และตรวจสอบความเข้าใจในการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูได้ 4. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยให้ผู้สอนเข้าไปให้ความช่วยเหลือนิสิตครูหากนิสิตครูพบอุปสรรคหรือข้อสงสัยในการทำงาน และสามารถแสดงปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขให้กับนิสิตครูคนอื่น ๆ ในชั้นเรียนได้เห็นและเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กันได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือพื้นฐานในโปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนให้นิสิตครูเข้า GeoGebra Classroom ที่กำหนดให้ 2. นิสิตครูเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติการใช้เครื่องมือเบื้องต้นในโปรแกรม GeoGebra ตามการสาธิตโดยผู้สอน โดยผู้สอนสังเกตการทำงานผ่านระบบ GeoGebra Classroom และตอบคำถามหรือข้อสงสัยของนิสิตครูเมื่อพบปัญหา

ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra เพิ่มเติมเป็นรายกลุ่ม	เพื่อฝึกให้นิสิตครูสามารถเชื่อมโยงแนวคิดการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra พื้นฐานที่ได้เรียนมาแล้ว ไปใช้ในการเรียนรู้การใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra อื่น ๆ เพิ่มเติมด้วยตนเองได้	1. การให้นิสิตครูเรียนรู้เป็นรายกลุ่ม เป็นการเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และค้นหาวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra จนสามารถสรุปวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ด้วยตนเองได้ 2. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถสร้างกิจกรรมให้มีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งจะช่วยให้นิสิตครูเห็นแนวทางในการเรียนรู้การใช้เครื่องมือได้อย่างมีจุดมุ่งหมาย ตามคำชี้แจงและขั้นตอนในกิจกรรม 3. การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรม จะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้การใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือเพิ่มเติมในโปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนสร้าง Breakout Room เพื่อแบ่งนิสิตครูออกเป็นกลุ่ม 2. ผู้สอนส่งลิงก์กิจกรรมบน GeoGebra Classroom เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra เพิ่มเติม ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมในข้อ 2 ระยะที่ 1 โดยผู้สอนคอยสังเกตการทำกิจกรรมของนิสิตครูแต่ละกลุ่มและตอบคำถามหรือข้อสงสัย (ถ้ามี) 3. นิสิตครูแต่ละกลุ่ม กลับสู่ Main Room เพื่อนำเสนอความรู้ที่ได้จากการร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้ร่วมกันศึกษา (ถ้ามี)
4. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 11 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 1

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียนได้	การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวคิดทางการศึกษาที่ช่วยส่งเสริมบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ผู้สอนนำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์	เพื่อให้นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์	การที่นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จะช่วยให้นิสิตครูมีความตระหนักถึงการดึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ และกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยตนเองได้	ผู้สอนใช้สื่อ PowerPoint นำเสนอหัวข้อต่อไปนี้ 1. โปรแกรม GeoGebra 2. แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 3. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. ผู้สอนนำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	เพื่อให้นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	การที่นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จะช่วยให้นิสิตครูมีความตระหนักถึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะดังนี้ 1. การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด 2. การนำโจทย์ที่ไปใช้ในการวัดผลนักเรียนมีความหลากหลาย โดยใช้ฟังก์ชันการสุ่มของโปรแกรม GeoGebra ส่งผลให้นักเรียนแต่ละคนได้รับโจทย์ที่แตกต่างกัน แต่สามารถใช้วัดและประเมินผลในเรื่องเดียวกันได้ 3. การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra สามารถสะท้อนผลการทำงานของนักเรียนกลับได้โดยทันที เมื่อนักเรียนต้องการตรวจสอบผลการตอบคำถาม 4. การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในการทำกิจกรรมของนักเรียนให้มีความชัดเจน สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมที่ได้ออกแบบขึ้น	ผู้สอนใช้สื่อ PowerPoint นำเสนอหัวข้อต่อไปนี้ 1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล 2. บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
4. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 12 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 2

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียนได้	การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวคิดทางการศึกษาที่ช่วยส่งเสริมบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง 12 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูอภิปรายตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและระเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นรายกลุ่ม	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้	1. การให้นิสิตครูได้เห็นตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จะช่วยให้นิสิตครูเห็นแนวทางและคุณค่าของการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในชั้นเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น 2. การให้นิสิตครูร่วมกันทำงานเป็นรายกลุ่มเป็นการเปิดโอกาสให้นิสิตครูร่วมกันแสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1 มาใช้ในการอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูเป็นรายบุคคลได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการวิเคราะห์ตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ 1. ผู้สอนสร้าง Breakout Room เพื่อแบ่งนิสิตครูเป็นกลุ่ม 2. ผู้สอนส่งลิงก์กิจกรรมบน GeoGebra Classroom เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาและอภิปรายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยผู้สอนคอยสังเกตการทำกิจกรรมของนิสิตครูแต่ละกลุ่มและตอบคำถามหรือข้อสงสัย (ถ้ามี)

ตาราง 12 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูอภิปรายตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นรายกลุ่ม	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้	3. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยในการติดตามการทำงาน และตรวจสอบแนวคิดในการอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูเป็นรายบุคคลได้ 4. การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรม จะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดทางการศึกษาที่ใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra	3. นิสิตครูแต่ละกลุ่ม กลับสู่ Main Room เพื่อนำเสนอความรู้ที่ได้จากการร่วมกันศึกษาและอภิปรายตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้ร่วมกันศึกษาและอภิปราย (ถ้ามี)
3. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้ทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 13 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ระยะที่ 3

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียนได้	การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูศึกษาวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom และวิเคราะห์สื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้

ตาราง 13 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาและนำเสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการชั้นเรียน 2.2 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการจัดการชั้นเรียนโดยใช้ GeoGebra Classroom ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายวิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้ 3. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้	1. การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาและนำเสนอการใช้ระบบ GeoGebra Classroom จะทำให้นิสิตครูเห็นแนวทางการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผ่านการทดลองใช้เครื่องมือต่าง ๆ ใน GeoGebra Classroom ด้วยตนเองและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีการใช้กับนิสิตครูคนอื่น ๆ ในชั้นเรียน 2. การให้นิสิตครูร่วมกันวิเคราะห์วิธีการสร้างตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นรายกลุ่มเป็นการเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และช่วยกันทำความเข้าใจเทคนิคการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างสื่อการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ และทดลองเลียนแบบวิธีการสร้างจากสื่อการเรียนรู้ที่กำหนดให้ ซึ่งจะช่วยให้นิสิตครูมีประสบการณ์ในการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra เพื่อการสร้างสื่อการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้ศึกษาแนวทางการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 1.1 การใช้เครื่องมือต่าง ๆ บน GeoGebra Classroom 1.2 แนวทางการจัดการชั้นเรียนโดยใช้ระบบ GeoGebra Classroom 2. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาตัวอย่างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ 2.2 แนวทางในการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ตาราง 13 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาและนำเสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 2.3 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	4. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายวิธีการสร้างสื่อที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้ 5. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการนำตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนได้	3. การให้นิสิตครูร่วมกันอธิบายแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการฝึกและทำให้นิสิตครูได้มีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงระหว่างการนำแนวคิดทางการศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สื่อการเรียนรู้โปรแกรม GeoGebra ได้อย่างเหมาะสม 4. การให้นิสิตครูร่วมกันอธิบายแนวทางการนำตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นการฝึกและทำให้นิสิตครูได้มีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงระหว่างการนำแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ได้อย่างเหมาะสม 5. การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรม จะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดทางการศึกษาที่ใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	3. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 3.1 วิธีการสร้างสื่อที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ 3.2 แนวทางการนำสื่อที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้นำเสนอ (ถ้ามี)

ตาราง 13 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้ทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 14 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ระยะที่ 4

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียนได้	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นกิจกรรมให้นิสิตครูได้ฝึกประสบการณ์ออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
2. นิสิตครูออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในหัวข้อที่สนใจ	1. เพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. เพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. ผู้สอนให้นิสิตครูเลือกหัวข้อที่สนใจในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. นิสิตครูออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามหัวข้อที่เลือก โดยนิสิตครูสามารถสอบถามข้อสงสัย หรือปรึกษาแนวทางการออกแบบกับผู้สอนได้

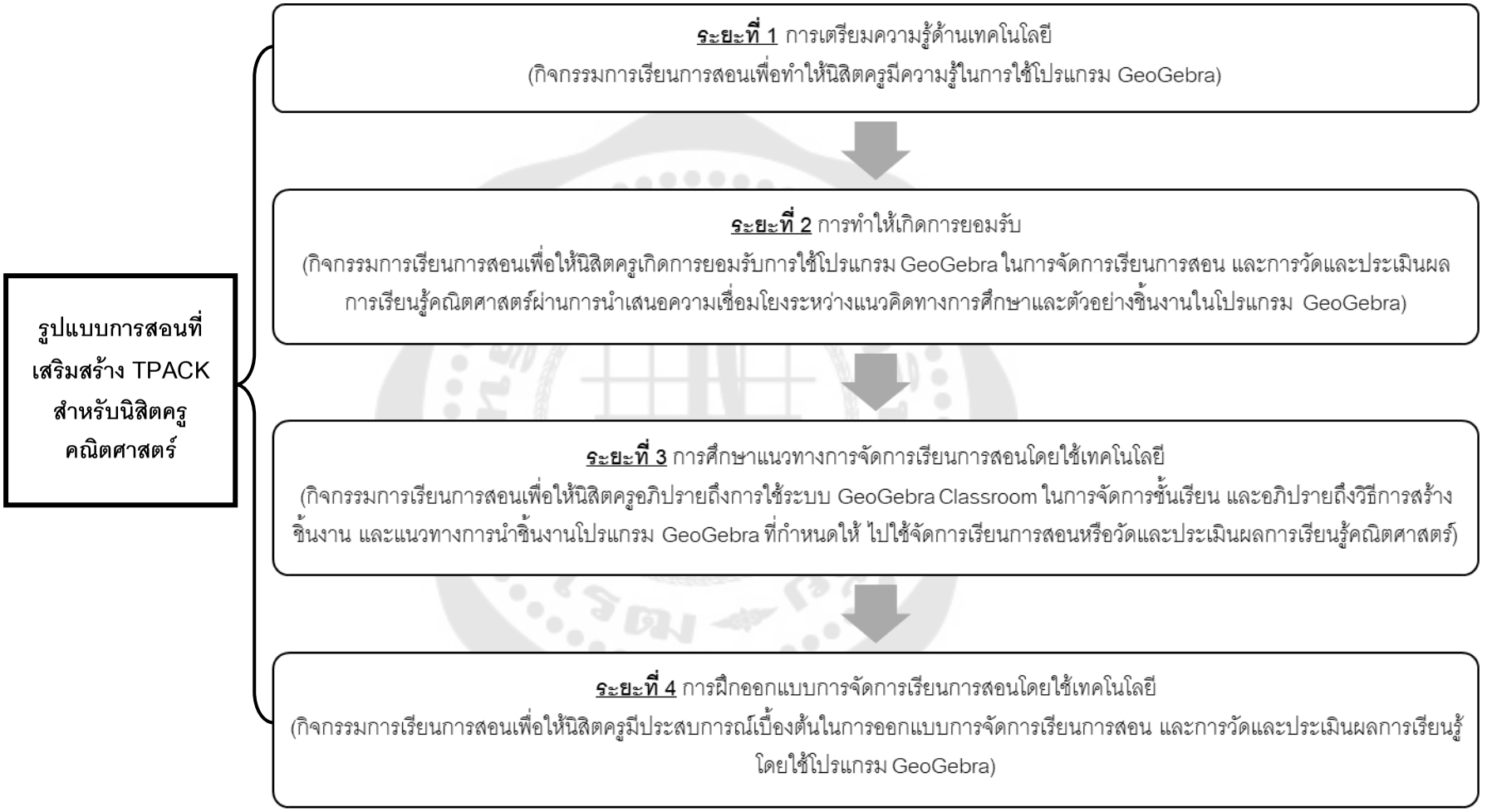
ตาราง 14 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
3. นิสิตครูนำเสนอชิ้นงานที่ได้ออกแบบขึ้นในประเด็นต่อไปนี้ 3.1 การออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra 3.2 การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	1. เพื่อให้นิสิตครูแลกเปลี่ยนแนวคิดในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. เพื่อให้นิสิตครูแลกเปลี่ยนแนวคิดในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. นิสิตครูนำเสนอผลการออกแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 1.1 วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 1.2 การนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. นิสิตครูนำเสนอผลการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 วิธีการสร้างสื่อที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2.2 การนำการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบขึ้น มาใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

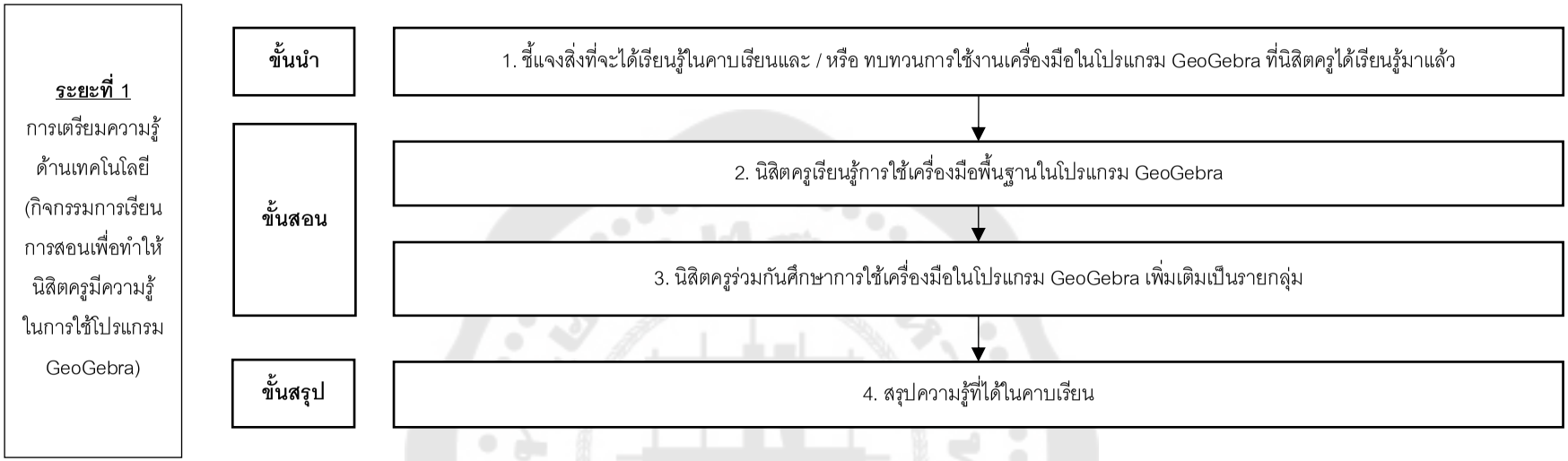
ตาราง 14 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น	1. เพื่อให้นิสิตครูได้แนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ออกแบบให้สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น 2. เพื่อให้นิสิตครูได้แนวทางในการปรับปรุงการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้สอดคล้องกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. ผู้สอนประเมินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ จากนั้นให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น 2. ผู้สอนประเมินการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ จากนั้นให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
5. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

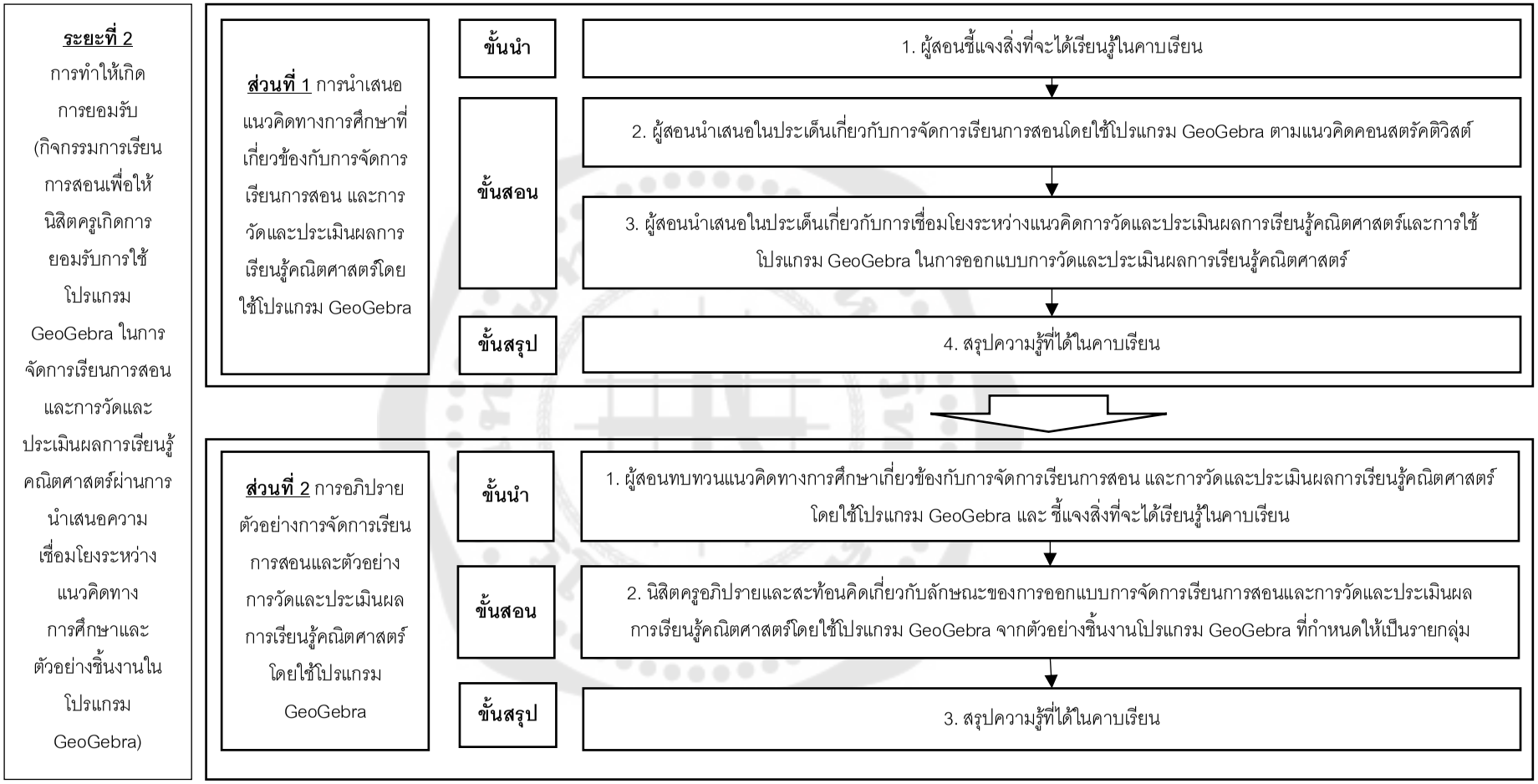
ภาคผนวก จ
รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) และรายละเอียดของรูปแบบการสอน



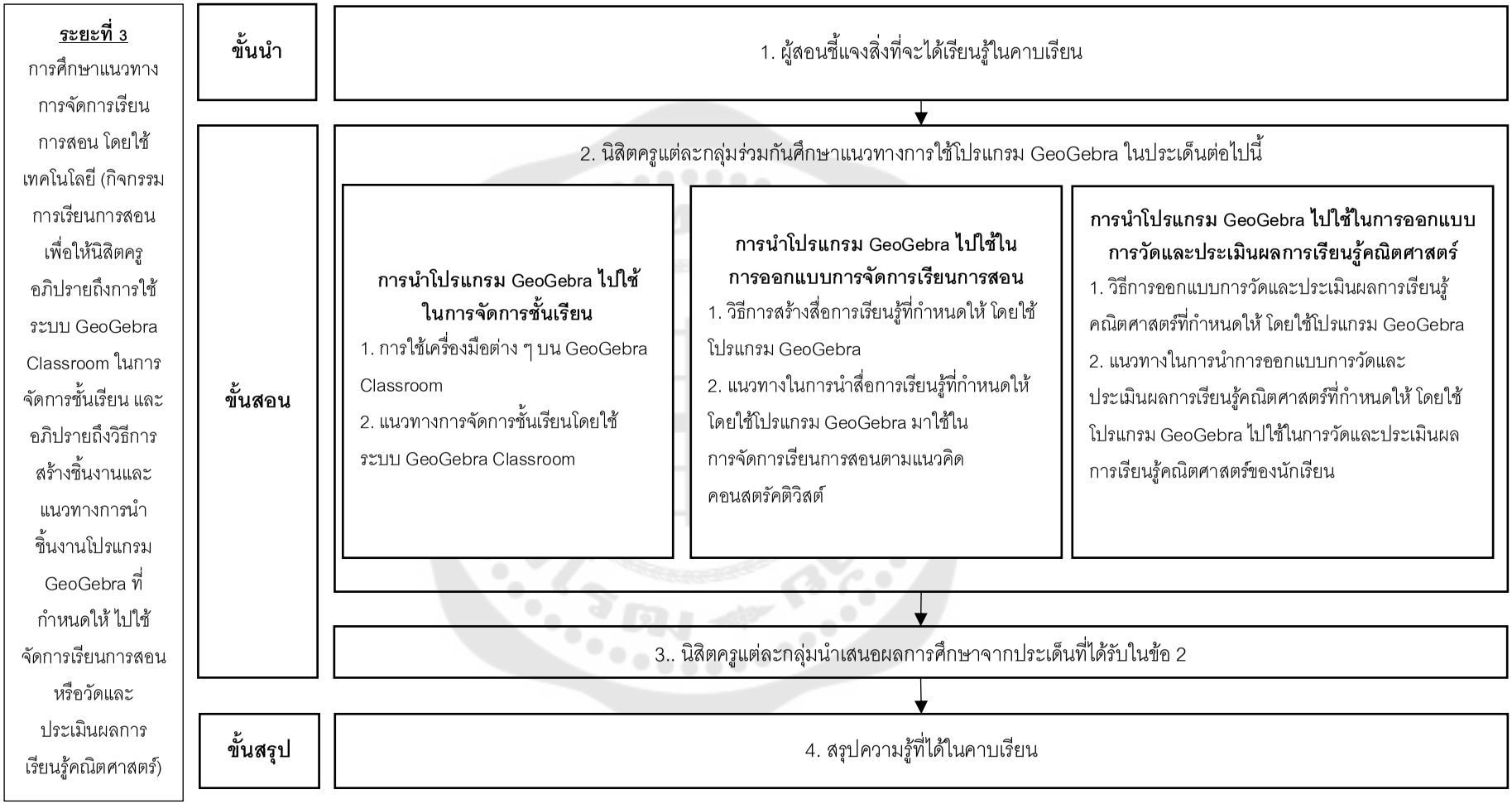
ภาพประกอบ 26 ภาพรวมของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง)



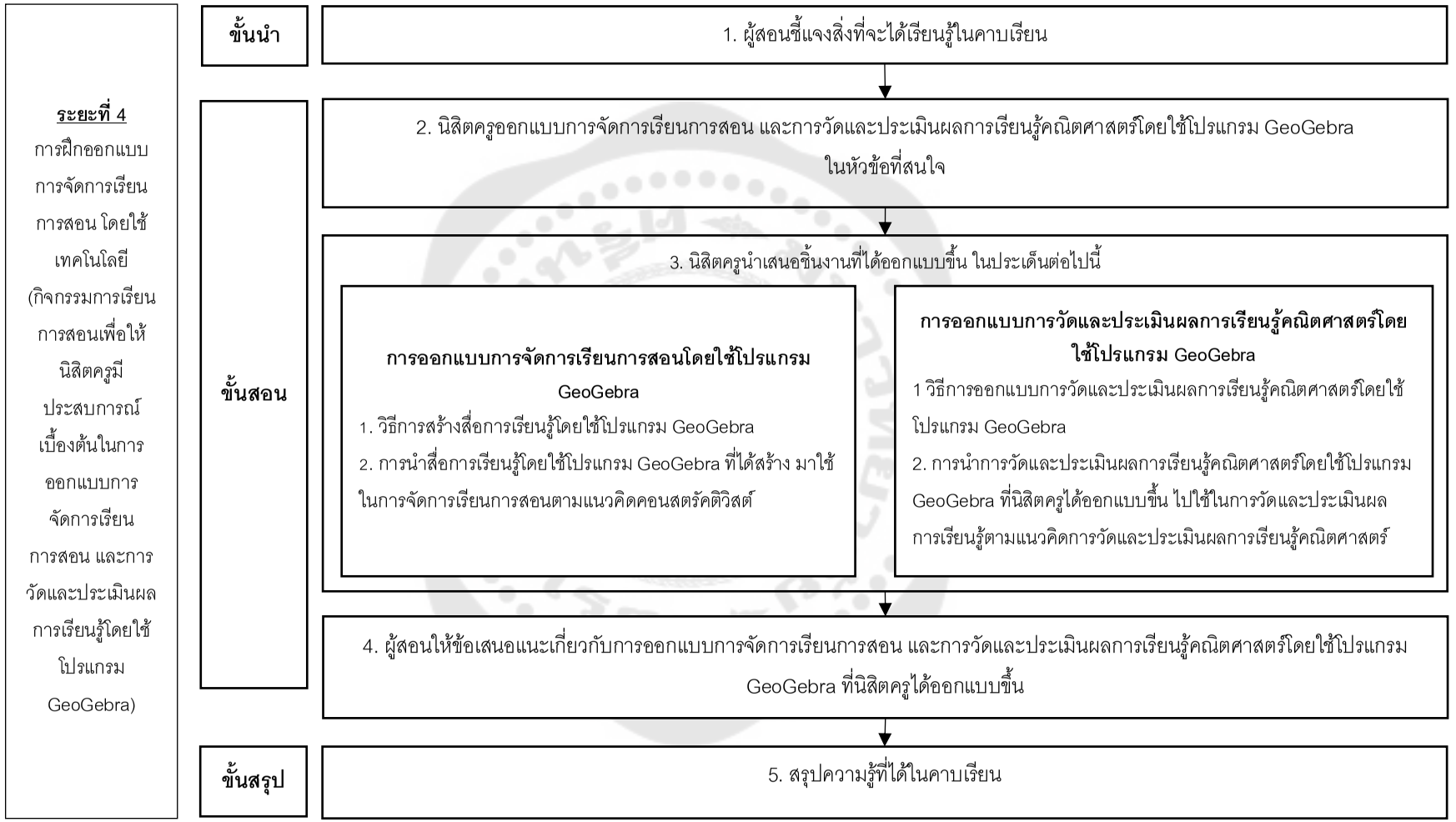
ภาพประกอบ 27 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 1



ภาพประกอบ 28 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้างที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2



ภาพประกอบ 29 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 3



ภาพประกอบ 30 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 4

ตาราง 15 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 1

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียนและ / หรือ ทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้เรียนรู้	1. เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมาย-ในการเรียนรู้ในคาบเรียน 2. เพื่อให้นิสิตครูทบทวนวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra 3. เพื่อให้นิสิตครูเห็นแนวทางการนำเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้	1. การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน 2. การให้นิสิตครูทบทวนการนำเครื่องมือไปใช้ในสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดให้ จะช่วยทำให้นิสิตครูเห็นแนวทางการนำเครื่องมือที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม 3. การให้นิสิตครูทบทวนผ่านการฝึกการนำเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้ผ่านระบบ GeoGebra Classroom ซึ่งมีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูป มาใช้ในโปรแกรม GeoGebra Classic ที่ไม่ได้มีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูป จะทำให้นิสิตครูเห็นภาพและรู้จักการเลือกใช้เครื่องมือที่ได้เรียนรู้มาแล้วในการสร้างสื่อการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น	ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนโดยจัดกิจกรรมดังนี้ 1. ทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้เรียนรู้มาแล้ว โดยให้นิสิตครูลงมือปฏิบัติการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra Classic ในการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ (ถ้ามี) 2. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 15 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูเรียนรู้การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ของคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูระบุวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ได้	1. การเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติตามการสาธิตโดยผู้สอนจะช่วยให้นิสิตครูเห็นวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra เบื้องต้นได้ 2. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถกำหนดให้นิสิตครูได้เลือกใช้เฉพาะเครื่องมือที่กำหนดของคาบเรียนนั้น ๆ ซึ่งมีความเหมาะสมกับการเรียนรู้ในระดับเบื้องต้น 3. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยติดตามการทำงาน และตรวจสอบความเข้าใจในการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูได้ 4. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยให้ผู้สอนเข้าไปให้ความช่วยเหลือนิสิตครูหากนิสิตครูพบอุปสรรคหรือข้อสงสัยในการทำงาน และสามารถแสดงปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขให้กับนิสิตครูคนอื่น ๆ ในชั้นเรียนได้เห็นและเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กันได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือพื้นฐานในโปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนให้นิสิตครูเข้า GeoGebra Classroom ที่กำหนดให้ 2. นิสิตครูเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติการใช้เครื่องมือเบื้องต้นในโปรแกรม GeoGebra ตามการสาธิตโดยผู้สอน โดยผู้สอนสังเกตการทำงานผ่านระบบ GeoGebra Classroom และตอบคำถามหรือข้อสงสัยของนิสิตครูเมื่อพบปัญหา

ตาราง 15 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra เพิ่มเติมเป็นรายกลุ่ม	เพื่อฝึกให้นิสิตครูสามารถเชื่อมโยงแนวคิดการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra พื้นฐานที่ได้เรียนมาแล้ว ไปใช้ในการเรียนรู้การใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra อื่น ๆ เพิ่มเติมด้วยตนเองได้	1. การให้นิสิตครูเรียนรู้เป็นรายกลุ่ม เป็นการเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และค้นหาวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra จนสามารถสรุปวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ด้วยตนเองได้ 2. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถสร้างกิจกรรมให้มีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งจะช่วยให้นิสิตครูเห็นแนวทางในการเรียนรู้การใช้เครื่องมือได้อย่างมีจุดมุ่งหมาย ตามคำชี้แจงและขั้นตอนในกิจกรรม 3. การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรม จะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้การใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือเพิ่มเติมในโปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนสร้าง Breakout Room เพื่อแบ่งนิสิตครูเป็นกลุ่ม 2. ผู้สอนส่งลิงก์กิจกรรมบน GeoGebra Classroom เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra เพิ่มเติม ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมในข้อ 2 ระยะที่ 1 โดยผู้สอนคอยสังเกตการทำกิจกรรมของนิสิตครูแต่ละกลุ่มและตอบคำถามหรือข้อสงสัย (ถ้ามี) 3. นิสิตครูแต่ละกลุ่ม กลับสู่ Main Room เพื่อนำเสนอความรู้ที่ได้จากการร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้ร่วมกันศึกษา (ถ้ามี)
4. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดการใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 16 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 1

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวคิดทางการศึกษาที่ช่วยส่งเสริมบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ผู้สอนนำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์	เพื่อให้นิสิตครูสามารถระบุแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์	การที่นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จะช่วยให้นิสิตครูมีความตระหนักถึงการดึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ และกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิด เพื่อให้นักเรียนมีการสร้างองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองได้	1. ผู้สอนใช้สื่อ PowerPoint นำเสนอหัวข้อต่อไปนี้ 1.1 โปรแกรม GeoGebra 1.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 1.3 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. ผู้สอนให้นิสิตครูร่วมกันอภิปรายตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ 2 สื่อการเรียนรู้ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของสื่อการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยสอดคล้องตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และออกแบบโดยไม่สอดคล้องตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ตาราง 16 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. ผู้สอนนำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	เพื่อให้นิสิตครูสามารถระบุแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	การที่นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จะช่วยให้นิสิตครูมีความตระหนักถึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะดังนี้ 1. การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด 2. การสร้างโจทย์ที่ไปใช้ในการวัดผลนักเรียนมีความหลากหลาย โดยใช้ฟังก์ชันการสุ่มของโปรแกรม GeoGebra ส่งผลให้นักเรียนแต่ละคนได้รับโจทย์ที่แตกต่างกัน แต่สามารถใช้วัดและประเมินผลในเรื่องเดียวกันได้ 3. การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra สามารถสะท้อนผลการทำงานของนักเรียนกลับได้โดยทันที เมื่อนักเรียนต้องการตรวจสอบผลการตอบคำถาม 4. การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในการทำกิจกรรมของนักเรียนให้มีความชัดเจน สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมที่ได้ออกแบบขึ้น	1. ผู้สอนใช้สื่อ PowerPoint นำเสนอหัวข้อต่อไปนี้ 1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล 1.2 บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 2. ผู้สอนให้นิสิตครูร่วมกันอภิปรายตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นความสอดคล้องของการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้กับแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิสิตครูได้เรียนรู้ในข้อ 1

ตาราง 16 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
4. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 17 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 2

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนทบทวนแนวคิดทางการศึกษาเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และ ชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	1. เพื่อให้นิสิตครูได้ทบทวนแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	1. การทบทวนแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จะช่วยเตรียมความพร้อมให้นิสิตครูมีแนวคิดทางการศึกษาที่จะนำมาใช้ในการเชื่อมโยงกับลักษณะของตัวอย่างชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้สอนเรียบเรียงได้ดียิ่งขึ้น 2. การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	1. ผู้สอนให้นิสิตครูตอบคำถามบนเว็บไซต์ Quizizz พร้อมกับเฉลย เพื่อทบทวนเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูเห็นตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูอภิปรายตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นรายกลุ่ม	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้	1. การให้นิสิตครูได้เห็นตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จะช่วยให้นิสิตครูเห็นแนวทางและคุณค่าของการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในชั้นเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น 2. การใช้ Breakout Room จะช่วยกระตุ้นให้นิสิตครูร่วมกันทำงานเป็นรายกลุ่ม เปิดโอกาสให้นิสิตครูร่วมกันแสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1 มาใช้ในการอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูเป็นรายบุคคลได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการวิเคราะห์ตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ 1. ผู้สอนสร้าง Breakout Room เพื่อแบ่งนิสิตครูเป็นกลุ่ม 2. ผู้สอนส่งลิงก์กิจกรรมบน GeoGebra Classroom เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาและอภิปรายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยผู้สอนคอยสังเกตการทำกิจกรรมของนิสิตครูแต่ละกลุ่มและตอบคำถามหรือข้อสงสัย (ถ้ามี)

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูอภิปรายและสะท้อนคิดถึงลักษณะของการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จากตัวอย่างชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้เป็นรายกลุ่ม	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะและยกตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะและยกตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้	3. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยในการติดตามการทำงาน และตรวจสอบแนวคิดในการอธิบายลักษณะของการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูเป็นรายบุคคลได้ 4. การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรม จะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดทางการศึกษาที่ใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra	3. นิสิตครูแต่ละกลุ่ม กลับสู่ Main Room เพื่อนำเสนอความรู้ที่ได้จากการร่วมกันศึกษาและอภิปรายตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra พร้อมทั้งเสนอแนวคิดและยกตัวอย่างในการนำตัวอย่างชิ้นงานของโปรแกรม GeoGebra ที่ได้ศึกษาไปใช้ในชั้นเรียน 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้ร่วมกันศึกษาและอภิปราย (ถ้ามี)

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับหลักการในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 18 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 3

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูศึกษาวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom และวิเคราะห์สื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้

ตาราง 18 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการชั้นเรียน 2.2 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการจัดการชั้นเรียนโดยใช้ GeoGebra Classroom ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายวิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้ 3. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้	1. การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้ระบบ GeoGebra Classroom จะทำให้นิสิตครูเห็นแนวทางการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผ่านการทดลองใช้เครื่องมือต่าง ๆ ใน GeoGebra Classroom ด้วยตนเอง และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีการใช้กับนิสิตครูคนอื่น ๆ ในชั้นเรียน 2. การให้นิสิตครูร่วมกันวิเคราะห์วิธีการสร้างตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นรายกลุ่ม เป็นการเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และช่วยกันทำความเข้าใจเทคนิคการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างชิ้นงาน ผ่านการลงมือปฏิบัติ และทดลองเลียนแบบวิธีการสร้างจากตัวอย่างชิ้นงานที่กำหนดให้ ซึ่งจะช่วยให้นิสิตครูมีประสบการณ์ในการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra เพื่อการสร้างชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้ศึกษาแนวทางการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 1.1 การใช้เครื่องมือต่าง ๆ บน GeoGebra Classroom 1.2 แนวทางการจัดการชั้นเรียนโดยใช้ระบบ GeoGebra Classroom 2. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาตัวอย่างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ 2.2 แนวทางในการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ตาราง 18 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาแนวทางการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในประเด็นต่อไปนี้ 2.3 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	4. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายวิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้ 5. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการนำตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนได้	3. การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการฝึกและทำให้นิสิตครูได้มีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงระหว่างการนำแนวคิดทางการศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สื่อการเรียนรู้โปรแกรม GeoGebra ได้อย่างเหมาะสม 4. การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาแนวทางการนำตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นการฝึกและทำให้นิสิตครูได้มีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงระหว่างการนำแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ได้อย่างเหมาะสม	3. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 3.1 วิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ 3.2 แนวทางการนำการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้นำเสนอ (ถ้ามี)

ตาราง 18 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. นิสิตครูแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการศึกษาจากประเด็นที่ได้รับในข้อ 2	เหมือนกับข้อ 2	การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรมจะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดทางการศึกษาที่ใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	1. นิสิตครูแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการศึกษาจากประเด็นที่ได้รับในข้อ 2 2. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้นำเสนอ (ถ้ามี)
4. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้ และการนำสื่อการเรียนรู้ที่กำหนดให้ ไปใช้ในชั้นเรียนตามแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนรู้ในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 19 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับก่อนการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 4

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นกิจกรรมให้นิสิตครูได้ฝึกประสบการณ์ออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
2. นิสิตครูออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในหัวข้อที่สนใจ	1. เพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. เพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. ผู้สอนให้นิสิตครูเลือกหัวข้อที่สนใจในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. นิสิตครูออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามหัวข้อที่เลือก โดยนิสิตครูสามารถสอบถามข้อสงสัย หรือปรึกษาแนวทางการออกแบบกับผู้สอนได้

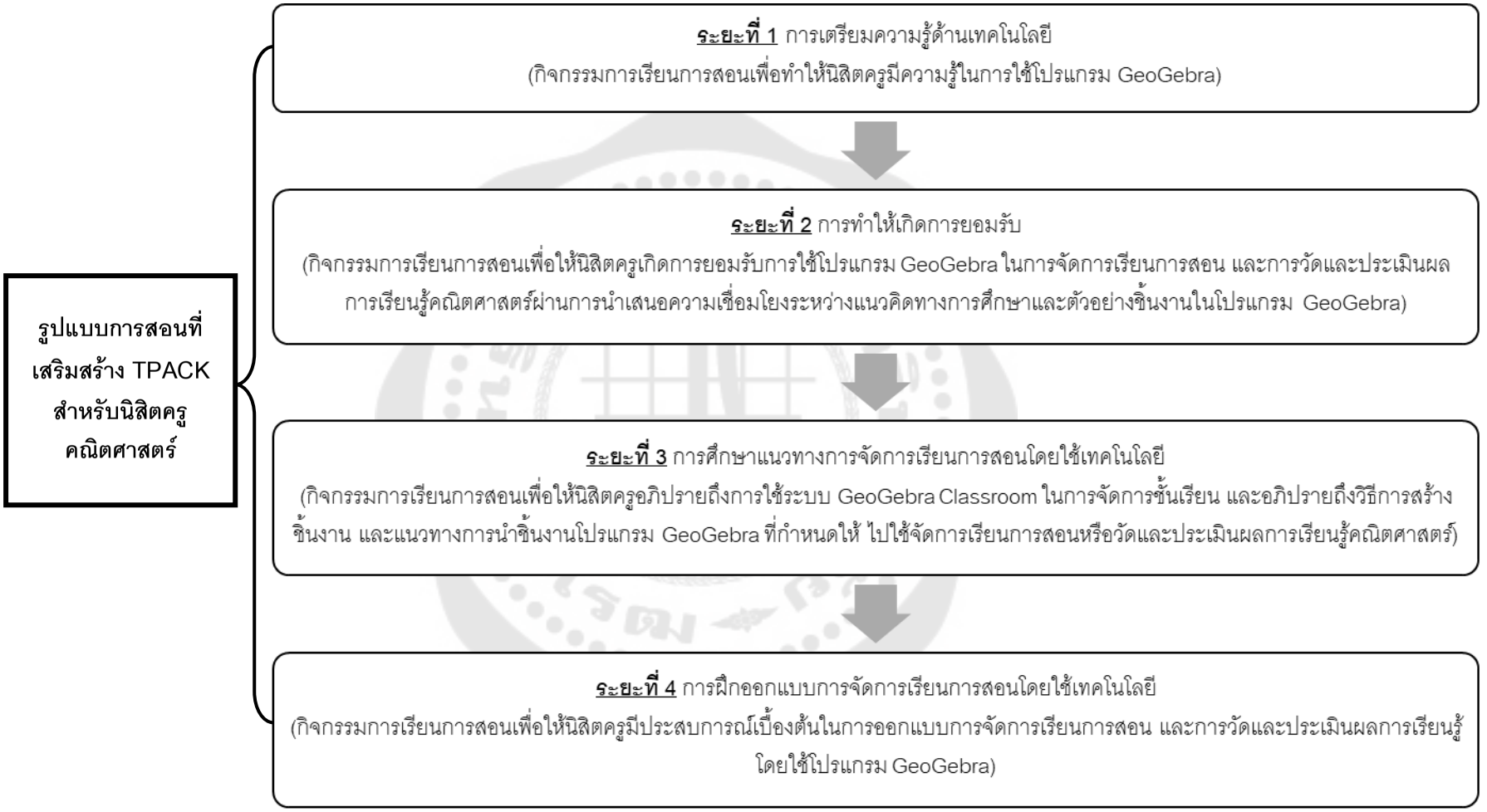
ตาราง 19 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
3. นิสิตครูนำเสนอชิ้นงานที่ได้ออกแบบขึ้นในประเด็นต่อไปนี้ 3.1 การออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra 3.2 การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	1. เพื่อให้นิสิตครูแลกเปลี่ยนแนวคิดในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. เพื่อให้นิสิตครูแลกเปลี่ยนแนวคิดในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. นิสิตครูนำเสนอผลการออกแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 1.1 วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 1.2 การนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. นิสิตครูนำเสนอผลการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 วิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2.2 การนำการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบขึ้น มาใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

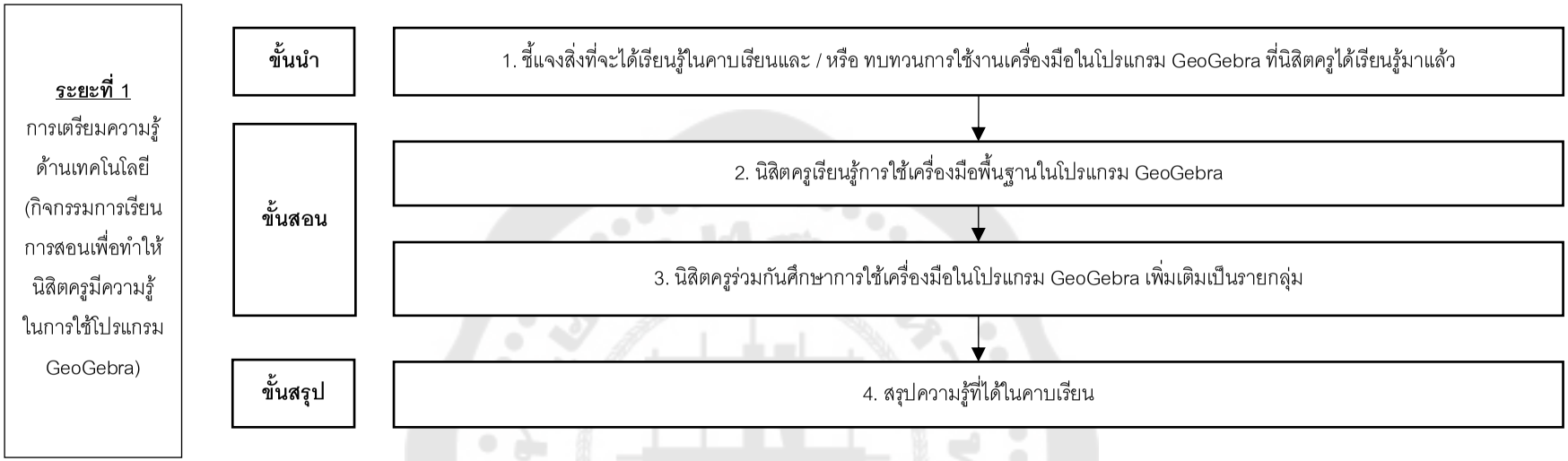
ตาราง 19 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น	1. เพื่อให้นิสิตครูได้แนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ออกแบบให้สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น 2. เพื่อให้นิสิตครูได้แนวทางในการปรับปรุงการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้สอดคล้องกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. ผู้สอนประเมินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ จากนั้นให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น 2. ผู้สอนประเมินการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ จากนั้นให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
5. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

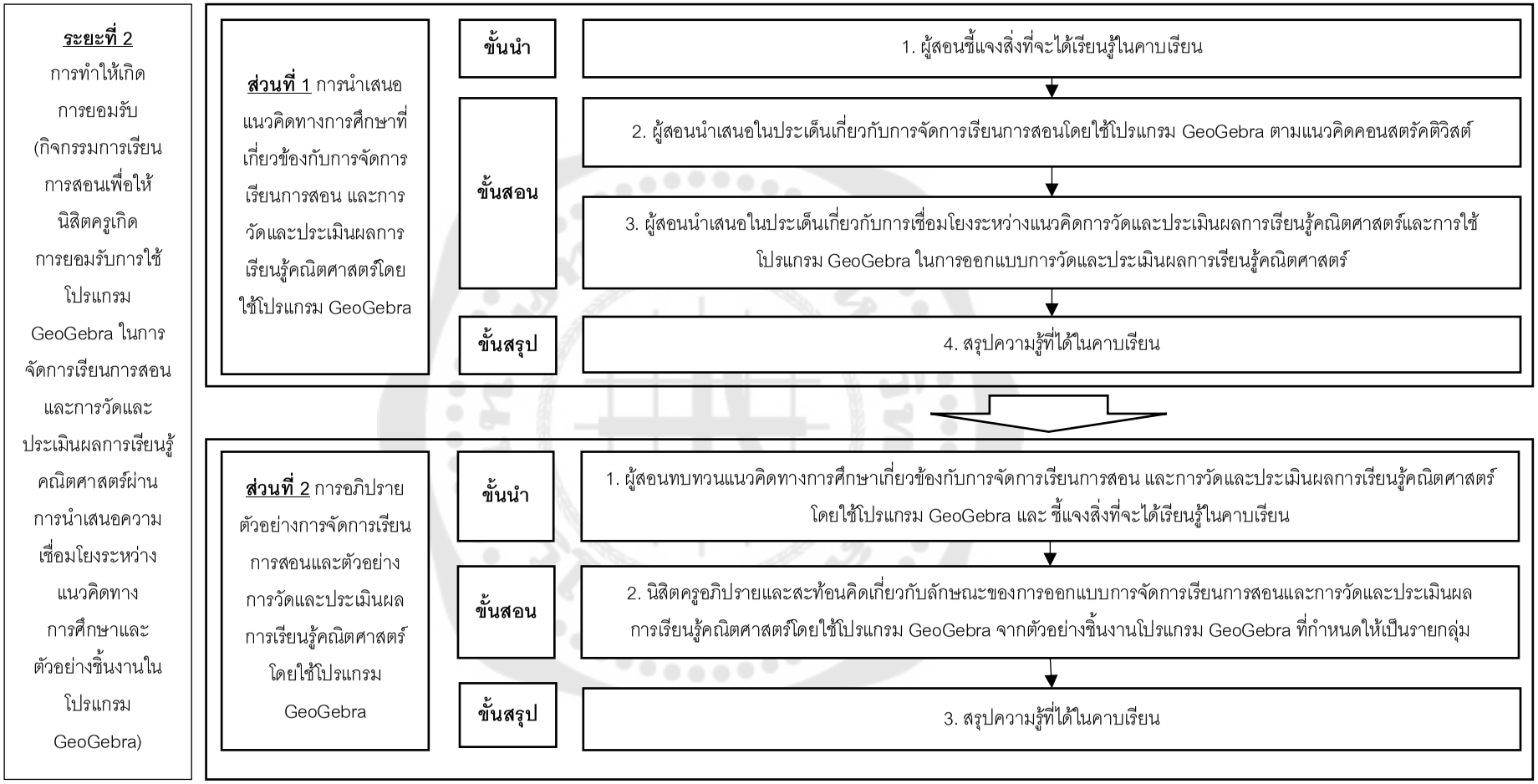
ภาคผนวก ฉ
รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) และรายละเอียดของรูปแบบการสอน



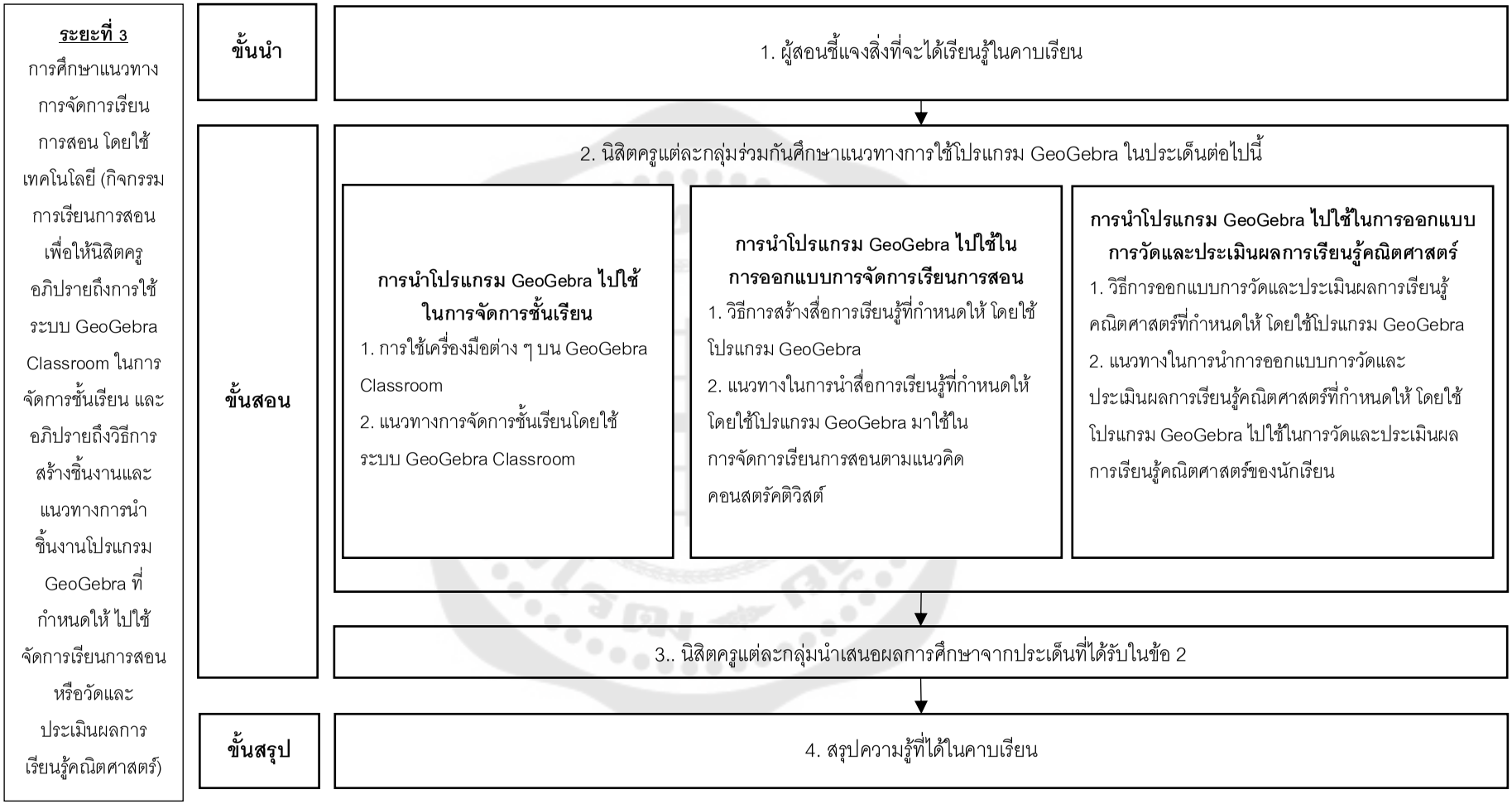
ภาพประกอบ 31 ภาพรวมของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง)



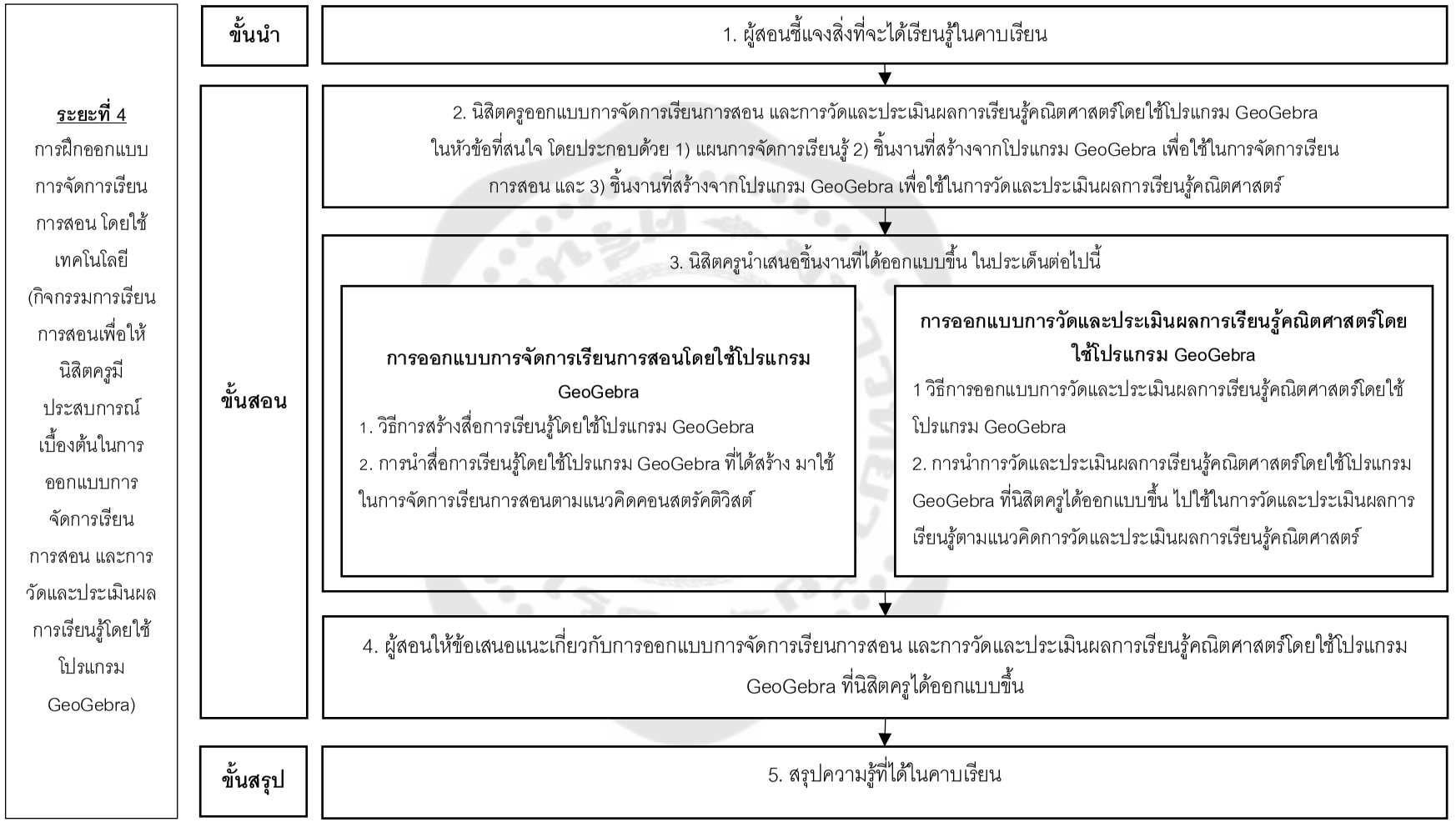
ภาพประกอบ 32 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 1



ภาพประกอบ 33 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้างที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2



ภาพประกอบ 34 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 3



ภาพประกอบ 35 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 4

ตาราง 20 กำหนดการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน (ฉบับปรับปรุงหลังการทดลองนำร่อง)

ระยะ	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	หัวข้อ
1	1	การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 1 (การสร้างจุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง รังสี วงกลม)
	2	การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 2 (การซ่อน/แสดง อ็อบเจกต์ การใช้สไลเดอร์เบื้องต้น การใช้เครื่องมือการวัด และการสร้างส่วนโค้ง)
	3	การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 3 (การสร้างเส้นตั้งฉาก เส้นขนาน เส้นแบ่งครึ่งตั้งฉาก เส้นแบ่งครึ่งมุม เส้นสัมผัสวงกลม จุดกึ่งกลาง และการสร้างรูปเรขาคณิตพื้นฐาน)
	4	การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 4 (การสร้างรูปหลายเหลี่ยม และการแปลงทางเรขาคณิต)
	5	การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 5 (การสร้างภาพเคลื่อนไหว และการใช้ Construction Protocol)
	6	การใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ 1 (การคำนวณพื้นฐาน การดำเนินการทางพีชคณิต และฟังก์ชันต่าง ๆ)
	7	การใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ 2 (ลิสต์ ตารางการทำงาน และเมทริกซ์)
	8	การบูรณาการระหว่างการใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัตและระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ 1 (การเขียนกราฟ การประยุกต์ในเรื่องภาคตัดกรวย และฟังก์ชันตรีโกณมิติ)
	9	การบูรณาการระหว่างการใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัตและระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ 2 (LaTex formula การใช้สคริปต์เบื้องต้น และการใช้สคริปต์ในการสร้างแบบทดสอบ)

ตาราง 20 (ต่อ)

ระยะ	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	หัวข้อ
2	10	แนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
	11	การอภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
3	12	การศึกษาแนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
	13	การศึกษาแนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
4	14	การฝึกการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน
	15	การฝึกการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตาราง 21 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 1

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน และ / หรือ ทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้เรียนรู้	1. เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมาย-ในการเรียนรู้ในคาบเรียน 2. เพื่อให้นิสิตครูทบทวนวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra 3. เพื่อให้นิสิตครูเห็นแนวทางการนำเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้	1. การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน 2. การให้นิสิตครูทบทวนการนำเครื่องมือไปใช้ในสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดให้ จะช่วยทำให้นิสิตครูเห็นแนวทางการนำเครื่องมือที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม 3. การให้นิสิตครูทบทวนผ่านการฝึกการนำเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้ผ่านระบบ GeoGebra Classroom ซึ่งมีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูป มาใช้ในโปรแกรม GeoGebra Classic ที่ไม่ได้มีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูป จะทำให้นิสิตครูเห็นภาพและรู้จักการเลือกใช้เครื่องมือที่ได้เรียนรู้มาแล้วในการสร้างสื่อการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น	ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนโดยจัดกิจกรรมดังนี้ 1. ทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้เรียนรู้มาแล้ว โดยให้นิสิตครูลงมือปฏิบัติการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra Classic ในการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ (ถ้ามี) 2. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 21 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูเรียนรู้การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ของคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูระบุวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ได้	1. การเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติตามการสาธิตโดยผู้สอน จะช่วยให้นิสิตครูเห็นวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra เบื้องต้นได้ 2. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถกำหนดให้นิสิตครูได้เลือกใช้เฉพาะเครื่องมือที่กำหนดของคาบเรียนนั้น ๆ ซึ่งมีความเหมาะสมกับการเรียนรู้ในระดับเบื้องต้น 3. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยติดตามการทำงาน และตรวจสอบความเข้าใจในการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูได้ 4. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยให้ผู้สอนเข้าไปให้ความช่วยเหลือนิสิตครูหากนิสิตครูพบอุปสรรคหรือข้อสงสัยในการทำงาน และสามารถแสดงปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขให้กับนิสิตครูคนอื่น ๆ ในชั้นเรียนได้เห็นและเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กันได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือพื้นฐานในโปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนให้นิสิตครูเข้า GeoGebra Classroom ที่กำหนดให้ 2. นิสิตครูเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติการใช้เครื่องมือเบื้องต้นในโปรแกรม GeoGebra ตามการสาธิตโดยผู้สอน โดยผู้สอนสังเกตการทำงานผ่านระบบ GeoGebra Classroom และตอบคำถามหรือข้อสงสัยของนิสิตครูเมื่อพบปัญหา

ตาราง 21 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra เพิ่มเติมเป็นรายกลุ่ม	เพื่อฝึกให้นิสิตครูสามารถเชื่อมโยงแนวคิดการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra พื้นฐานที่ได้เรียนมาแล้ว ไปใช้ในการเรียนรู้การใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra อื่น ๆ เพิ่มเติมด้วยตนเองได้	1. การให้นิสิตครูเรียนรู้เป็นรายกลุ่ม เป็นการเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และค้นหาวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra จนสามารถสรุปวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ด้วยตนเองได้ 2. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถสร้างกิจกรรมให้มีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งจะช่วยให้นิสิตครูเห็นแนวทางในการเรียนรู้การใช้เครื่องมือได้อย่างมีจุดมุ่งหมาย ตามคำชี้แจงและขั้นตอนในกิจกรรม 3. การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรม จะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้การใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือเพิ่มเติมในโปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนสร้าง Breakout Room เพื่อแบ่งนิสิตครูเป็นกลุ่ม 2. ผู้สอนส่งลิงก์กิจกรรมบน GeoGebra Classroom เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra เพิ่มเติม ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมในข้อ 2 ระยะที่ 1 โดยผู้สอนคอยสังเกตการทำกิจกรรมของนิสิตครูแต่ละกลุ่มและตอบคำถามหรือข้อสงสัย (ถ้ามี) 3. นิสิตครูแต่ละกลุ่ม กลับสู่ Main Room เพื่อนำเสนอความรู้ที่ได้จากการร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้ร่วมกันศึกษา (ถ้ามี)
4. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดการใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 22 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 1

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียนจะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวคิดทางการศึกษาที่ช่วยส่งเสริมบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ผู้สอนนำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์	เพื่อให้นิสิตครูสามารถระบุแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์	การที่นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์จะช่วยให้นิสิตครูมีความตระหนักถึงการดึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ และกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิด เพื่อให้นักเรียนมีการสร้างองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองได้	1. ผู้สอนให้นิสิตครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหาหรืออุปสรรคที่พบจากการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน 2. ผู้สอนใช้สื่อ PowerPoint นำเสนอหัวข้อต่อไปนี้ 2.1 โปรแกรม GeoGebra 2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2.3 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 3. ผู้สอนให้นิสิตครูร่วมกันอภิปรายตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ 2 สื่อการเรียนรู้ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของสื่อการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยสอดคล้องตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และออกแบบโดยไม่สอดคล้องตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ตาราง 22 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. ผู้สอนนำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	เพื่อให้นิสิตครูสามารถระบุแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	การที่นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จะช่วยให้นิสิตครูมีความตระหนักถึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะดังนี้ 1. การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด 2. การสร้างโจทย์ที่ไปใช้ในการวัดผลนักเรียนมีความหลากหลาย โดยใช้ฟังก์ชันการสุ่มของโปรแกรม GeoGebra ส่งผลให้นักเรียนแต่ละคนได้รับโจทย์ที่แตกต่างกัน แต่สามารถใช้วัดและประเมินผลในเรื่องเดียวกันได้ 3. การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra สามารถสะท้อนผลการทำงานของนักเรียนกลับได้โดยทันที เมื่อนักเรียนต้องการตรวจสอบผลการตอบคำถาม 4. การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในการทำกิจกรรมของนักเรียนให้มีความชัดเจน สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมที่ได้ออกแบบขึ้น	1. ผู้สอนใช้สื่อ PowerPoint นำเสนอหัวข้อต่อไปนี้ 1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล 1.2 บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 2. ผู้สอนให้นิสิตครูร่วมกันอภิปรายตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นความสอดคล้องของการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้กับแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิสิตครูได้เรียนรู้ในข้อ 1

ตาราง 22 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
4. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 23 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 2

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนทบทวนแนวคิดทางการศึกษาเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	1. เพื่อให้นิสิตครูได้ทบทวนแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	1. การทบทวนแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จะช่วยเตรียมความพร้อมให้นิสิตครูมีแนวคิดทางการศึกษาที่จะนำมาใช้ในการเชื่อมโยงกับลักษณะของตัวอย่างชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้สอนได้เรียบเรียงได้ดียิ่งขึ้น 2. การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	1. ผู้สอนให้นิสิตครูตอบคำถามบนเว็บไซต์ Quizizz พร้อมกับเฉลย เพื่อทบทวนเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูเห็นตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

ตาราง 23 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูอภิปรายตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นรายกลุ่ม	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้	1. การให้นิสิตครูได้เห็นตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จะช่วยให้นิสิตครูเห็นแนวทางและคุณค่าของการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในชั้นเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น 2. การใช้ Breakout Room จะช่วยกระตุ้นให้นิสิตครูร่วมกันทำงานเป็นรายกลุ่ม เปิดโอกาสให้นิสิตครูร่วมกันแสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1 มาใช้ในการอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูเป็นรายบุคคลได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการวิเคราะห์ตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ 1. ผู้สอนสร้าง Breakout Room เพื่อแบ่งนิสิตครูเป็นกลุ่ม 2. ผู้สอนส่งลิงก์กิจกรรมบน GeoGebra Classroom เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาและอภิปรายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยผู้สอนคอยสังเกตการทำกิจกรรมของนิสิตครูแต่ละกลุ่มและตอบคำถามหรือข้อสงสัย (ถ้ามี)

ตาราง 23 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูอภิปรายและสะท้อนคิดถึงลักษณะของการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จากตัวอย่างชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้เป็นรายกลุ่ม	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะและยกตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะและยกตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้	3. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยในการติดตามการทำงาน และตรวจสอบแนวคิดในการอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูเป็นรายบุคคลได้ 4. การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรมจะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดทางการศึกษาที่ใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra	3. นิสิตครูแต่ละกลุ่ม กลับสู่ Main Room เพื่อนำเสนอความรู้ที่ได้จากการร่วมกันศึกษาและอภิปรายตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra พร้อมทั้งเสนอแนวคิดและยกตัวอย่างในการนำตัวอย่างชิ้นงานของโปรแกรม GeoGebra ที่ได้ศึกษาไปใช้ในชั้นเรียน 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้ร่วมกันศึกษาและอภิปราย (ถ้ามี)

ตาราง 23 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับหลักการในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 24 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 3

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูศึกษาวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom และวิเคราะห์สื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้

ตาราง 24 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการชั้นเรียน 2.2 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการจัดการชั้นเรียนโดยใช้ GeoGebra Classroom ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายวิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้ 3. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้	1. การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้ระบบ GeoGebra Classroom จะทำให้นิสิตครูเห็นแนวทางการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผ่านการทดลองใช้เครื่องมือต่าง ๆ ใน GeoGebra Classroom ด้วยตนเอง และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีการใช้กับนิสิตครูคนอื่น ๆ ในชั้นเรียน 2. การให้นิสิตครูร่วมกันวิเคราะห์วิธีการสร้างตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นรายกลุ่ม เป็นการเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และช่วยกันทำความเข้าใจเทคนิคการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างชิ้นงาน ผ่านการลงมือปฏิบัติ และทดลองเลียนแบบวิธีการสร้างจากตัวอย่างชิ้นงานที่กำหนดให้ ซึ่งจะช่วยให้นิสิตครูมีประสบการณ์ในการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra เพื่อการสร้างชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้ศึกษาแนวทางการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 1.1 การใช้เครื่องมือต่าง ๆ บน GeoGebra Classroom 1.2 แนวทางการจัดการชั้นเรียนโดยใช้ระบบ GeoGebra Classroom 2. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาตัวอย่างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ 2.2 แนวทางในการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ตาราง 24 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาแนวทางการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในประเด็นต่อไปนี้ 2.3 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	4. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายวิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้ 5. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการนำตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนได้	3. การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการฝึกและทำให้นิสิตครูได้มีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงระหว่างการนำแนวคิดทางการศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สื่อการเรียนรู้โปรแกรม GeoGebra ได้อย่างเหมาะสม 4. การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาแนวทางการนำตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นการฝึกและทำให้นิสิตครูมีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงระหว่างการนำแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ได้อย่างเหมาะสม	3. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 3.1 วิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ 3.2 แนวทางการนำการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้นำเสนอ (ถ้ามี)

ตาราง 24 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. นิสิตครูแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการศึกษาจากประเด็นที่ได้รับในข้อ 2	เหมือนกับข้อ 2	การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรมจะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดทางการศึกษาที่ใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	1. นิสิตครูแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการศึกษาจากประเด็นที่ได้รับในข้อ 2 2. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้นำเสนอ (ถ้ามี)
4. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้ และการนำสื่อการเรียนรู้ที่กำหนดให้ ไปใช้ในชั้นเรียนตามแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนรู้ในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 25 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับหลังการทดลองนำร่อง) ระยะที่ 4

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นกิจกรรมให้นิสิตครูได้ฝึกประสบการณ์ออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
2. นิสิตครูออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในหัวข้อที่สนใจ	1. เพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. เพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. ผู้สอนให้นิสิตครูเลือกหัวข้อที่สนใจในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. นิสิตครูออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบด้วย สื่อการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ และออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบด้วย ชิ้นงานการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และเกณฑ์การให้คะแนนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหัวข้อที่เลือก โดยนิสิตครูสามารถสอบถามข้อสงสัย หรือปรึกษาแนวทางการออกแบบกับผู้สอนได้

ตาราง 25 (ต่อ)

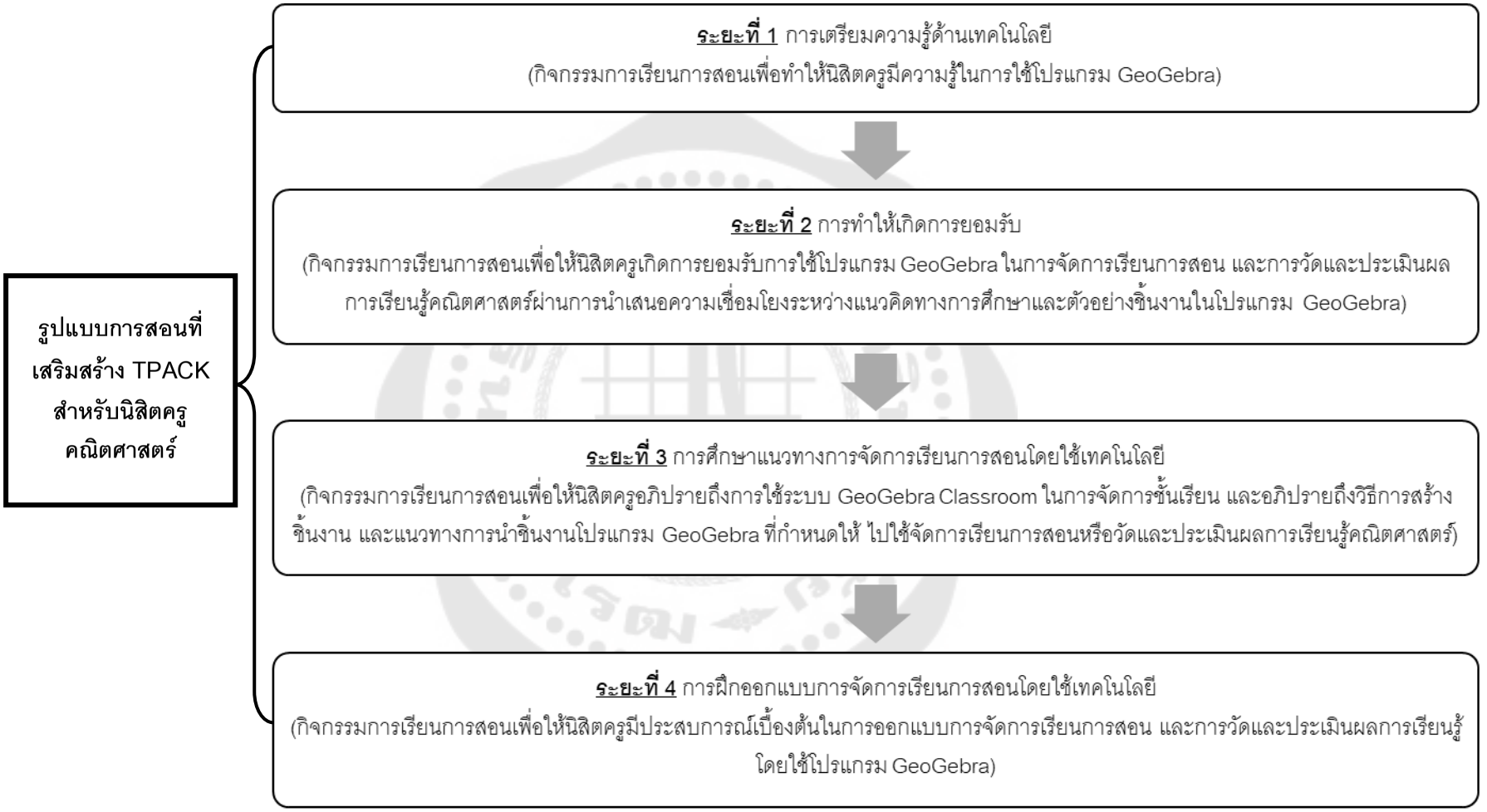
ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
3. นิสิตครูนำเสนอชิ้นงานที่ได้ออกแบบขึ้นในประเด็นต่อไปนี้ 3.1 การออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra 3.2 การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	1. เพื่อให้นิสิตครูแลกเปลี่ยนแนวคิดในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. เพื่อให้นิสิตครูแลกเปลี่ยนแนวคิดในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. นิสิตครูนำเสนอผลการออกแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 1.1 วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 1.2 การนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. นิสิตครูนำเสนอผลการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 วิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2.2 การนำการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบขึ้น มาใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตาราง 25 (ต่อ)

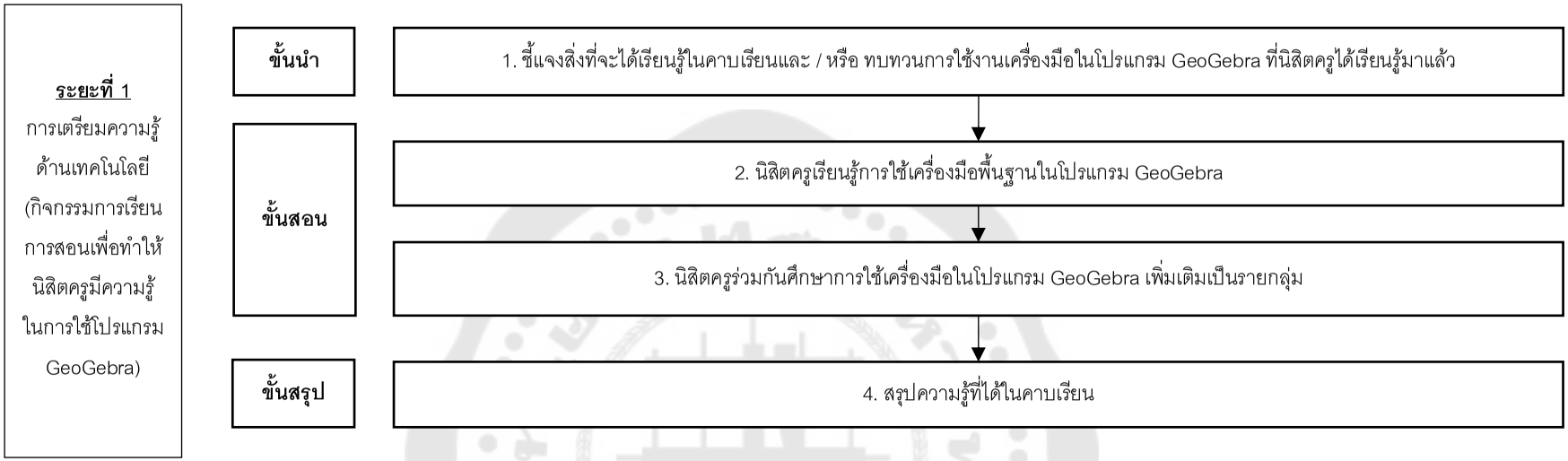
ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น	1. เพื่อให้นิสิตครูได้แนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ออกแบบให้สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น 2. เพื่อให้นิสิตครูได้แนวทางในการปรับปรุงการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้สอดคล้องกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. ผู้สอนประเมินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ จากนั้นให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น 2. ผู้สอนประเมินการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ จากนั้นให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
5. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ภาคผนวก ซ

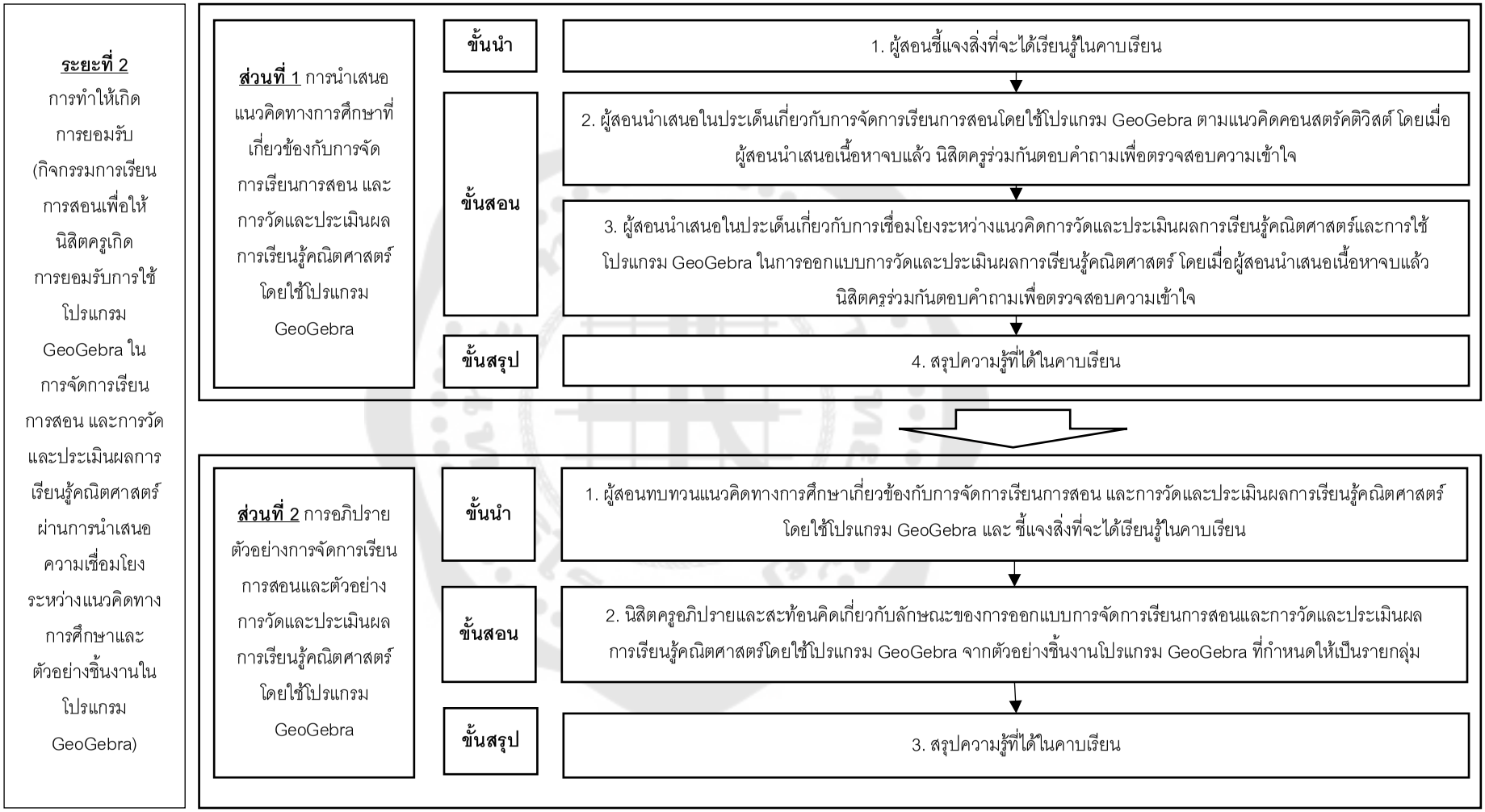
รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) และรายละเอียดของรูปแบบการสอน



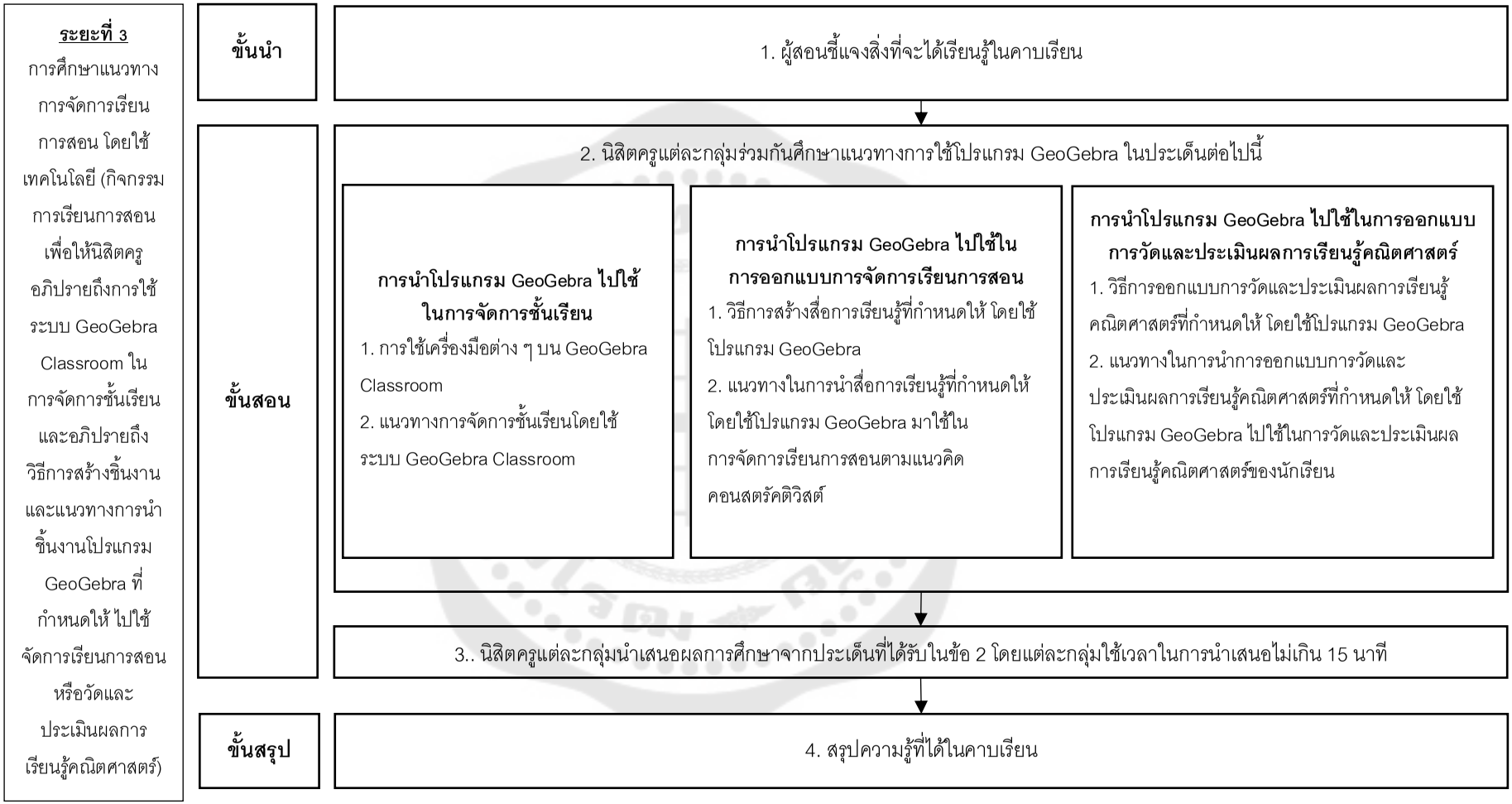
ภาพประกอบ 36 ภาพรวมของรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์)



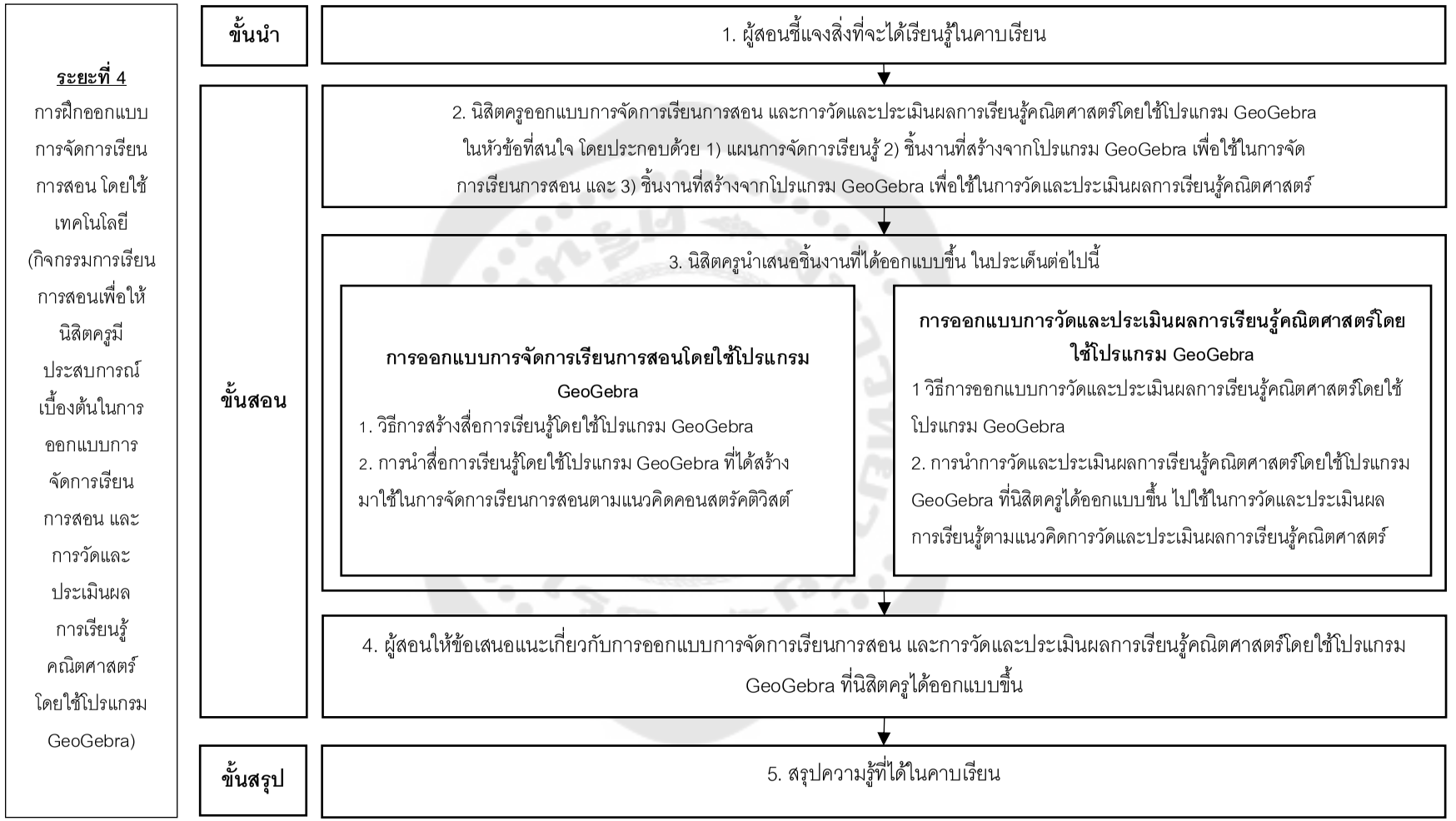
ภาพประกอบ 37 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 1



ภาพประกอบ 38 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้างที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 2



ภาพประกอบ 39 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 3



ภาพประกอบ 40 รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 4

ตาราง 26 กำหนดการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์)

ระยะ	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	หัวข้อ
1	1	การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 1 (การสร้างจุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง รังสี วงกลม)
	2	การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 2 (การซ่อน/แสดง อ็อบเจกต์ การใช้สไลเดอร์เบื้องต้น การใช้เครื่องมือการวัด และการสร้างส่วนโค้ง)
	3	การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 3 (การสร้างเส้นตั้งฉาก เส้นขนาน เส้นแบ่งครึ่งตั้งฉาก เส้นแบ่งครึ่งมุม เส้นสัมผัสวงกลม จุดกึ่งกลาง และการสร้างรูปเรขาคณิตพื้นฐาน)
	4	การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 4 (การสร้างรูปหลายเหลี่ยม และการแปลงทางเรขาคณิต)
	5	การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 5 (การสร้างภาพเคลื่อนไหว และการใช้ Construction Protocol)
	6	การใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ 1 (การคำนวณพื้นฐาน การดำเนินการทางพีชคณิต และฟังก์ชันต่าง ๆ)
	7	การใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ 2 (ลิสต์ ตารางการทำงาน และเมทริกซ์)
	8	การบูรณาการระหว่างการใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัตและระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ 1 (การเขียนกราฟ การประยุกต์ในเรื่องภาคตัดกรวย และฟังก์ชันตรีโกณมิติ)
	9	การบูรณาการระหว่างการใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัตและระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ 2 (LaTex formula และการใช้สคริปต์เบื้องต้นบ)

ตาราง 26 (ต่อ)

ระยะ	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	หัวข้อ
2	10	แนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
	11	การอภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
3	12	การศึกษาแนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
	13	การศึกษาแนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
4	14	การฝึกการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน
	15	การฝึกการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตาราง 27 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 1

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน และ / หรือ ทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้เรียนรู้	1. เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมาย-ในการเรียนรู้ในคาบเรียน 2. เพื่อให้นิสิตครูทบทวนวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra 3. เพื่อให้นิสิตครูเห็นแนวทางการนำเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้	1. การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน 2. การให้นิสิตครูทบทวนการนำเครื่องมือไปใช้ในสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดให้ จะช่วยทำให้นิสิตครูเห็นแนวทางการนำเครื่องมือที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม 3. การให้นิสิตครูทบทวนผ่านการฝึกการนำเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้ผ่านระบบ GeoGebra Classroom ซึ่งมีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูป มาใช้ในโปรแกรม GeoGebra Classic ที่ไม่ได้มีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูป จะทำให้นิสิตครูเห็นภาพและรู้จักการเลือกใช้เครื่องมือที่ได้เรียนรู้มาแล้วในการสร้างสื่อการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น	ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนโดยจัดกิจกรรมดังนี้ 1. ทบทวนการใช้งานเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้เรียนรู้มาแล้ว โดยให้นิสิตครูลงมือปฏิบัติการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra Classic ในการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ (ถ้ามี) 2. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 27 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูเรียนรู้การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ของคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูระบุวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ได้	1. การเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติตามการสาธิตโดยผู้สอนจะช่วยให้นิสิตครูเห็นวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra เบื้องต้นได้ 2. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถกำหนดให้นิสิตครูได้เลือกใช้เฉพาะเครื่องมือที่กำหนดของคาบเรียนนั้น ๆ ซึ่งมีความเหมาะสมกับการเรียนรู้ในระดับเบื้องต้น 3. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยติดตามการทำงาน และตรวจสอบความเข้าใจในการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูได้ 4. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยให้ผู้สอนเข้าไปให้ความช่วยเหลือนิสิตครูหากนิสิตครูพบอุปสรรคหรือข้อสงสัยในการทำงาน และสามารถแสดงปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขให้กับนิสิตครูคนอื่น ๆ ในชั้นเรียนได้เห็นและเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กันได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือพื้นฐานในโปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนให้นิสิตครูเข้า GeoGebra Classroom ที่กำหนดให้ 2. นิสิตครูเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติการใช้เครื่องมือเบื้องต้นในโปรแกรม GeoGebra ตามการสาธิตโดยผู้สอน โดยผู้สอนสังเกตการทำงานผ่านระบบ GeoGebra Classroom และตอบคำถามหรือข้อสงสัยของนิสิตครูเมื่อพบปัญหา

ตาราง 27 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra เพิ่มเติมเป็นรายกลุ่ม	เพื่อฝึกให้นิสิตครูสามารถเชื่อมโยงแนวคิดการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra พื้นฐานที่ได้เรียนมาแล้ว ไปใช้ในการเรียนรู้การใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra อื่น ๆ เพิ่มเติมด้วยตนเองได้	1. การให้นิสิตครูเรียนรู้เป็นรายกลุ่ม เป็นการเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และค้นหาวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra จนสามารถสรุปวิธีการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ด้วยตนเองได้ 2. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถสร้างกิจกรรมให้มีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งจะช่วยให้นิสิตครูเห็นแนวทางในการเรียนรู้การใช้เครื่องมือได้อย่างมีจุดมุ่งหมาย ตามคำชี้แจงและขั้นตอนในกิจกรรม 3. การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรม จะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้การใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้เรียนรู้การใช้เครื่องมือเพิ่มเติมในโปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนสร้าง Breakout Room เพื่อแบ่งนิสิตครูเป็นกลุ่ม 2. ผู้สอนส่งลิงก์กิจกรรมบน GeoGebra Classroom เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra เพิ่มเติม ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมในข้อ 2 ระยะที่ 1 โดยผู้สอนคอยสังเกตการทำกิจกรรมของนิสิตครูแต่ละกลุ่มและตอบคำถามหรือข้อสงสัย (ถ้ามี) 3. นิสิตครูแต่ละกลุ่ม กลับสู่ Main Room เพื่อนำเสนอความรู้ที่ได้จากการร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้ร่วมกันศึกษา (ถ้ามี)
4. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดการใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 28 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 1

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียนจะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวคิดทางการศึกษาที่ช่วยส่งเสริมบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ผู้สอนนำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์	เพื่อให้นิสิตครูสามารถระบุแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์	การที่นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จะช่วยให้นิสิตครูมีความตระหนักถึงการดึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ และกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิด เพื่อให้นักเรียนมีการสร้างองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองได้	1. ผู้สอนให้นิสิตครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหาหรืออุปสรรคที่พบจากการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน 2. ผู้สอนใช้สื่อ PowerPoint นำเสนอหัวข้อต่อไปนี้ 2.1 โปรแกรม GeoGebra 2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2.3 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 3. ผู้สอนให้นิสิตครูร่วมกันอภิปรายตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ 2 สื่อการเรียนรู้ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของสื่อการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยสอดคล้องตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และออกแบบโดยไม่สอดคล้องตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 4. นิสิตครูตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจบนเว็บไซต์ Quizizz

ตาราง 28 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. ผู้สอนนำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	เพื่อให้นิสิตครูสามารถระบุแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	การที่นิสิตครูมีแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จะช่วยให้นิสิตครูมีความตระหนักถึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะดังนี้ 1. การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด 2. การสร้างโจทย์ที่ไปใช้ในการวัดผลนักเรียนมีความหลากหลาย โดยใช้ฟังก์ชันการสุ่มของโปรแกรม GeoGebra ส่งผลให้นักเรียนแต่ละคนได้รับโจทย์ที่แตกต่างกัน แต่สามารถใช้วัดและประเมินผลในเรื่องเดียวกันได้ 3. การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra สามารถสะท้อนผลการทำงานของนักเรียนกลับได้โดยทันที เมื่อนักเรียนต้องการตรวจสอบผลการตอบคำถาม 4. การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในการทำกิจกรรมของนักเรียนให้มีความชัดเจน สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมที่ได้ออกแบบขึ้น	1. ผู้สอนใช้สื่อ PowerPoint นำเสนอหัวข้อต่อไปนี้ 1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล 1.2 บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 2. ผู้สอนให้นิสิตครูร่วมกันอภิปรายตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นความสอดคล้องของการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้กับแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิสิตครูได้เรียนรู้ในข้อ 1 3. นิสิตครูตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจบนเว็บไซต์ Quizizz

ตาราง 28 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
4. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 29 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 2 ส่วนที่ 2

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนทบทวนแนวคิดทางการศึกษาเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	1. เพื่อให้นิสิตครูได้ทบทวนแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	1. การทบทวนแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จะช่วยเตรียมความพร้อมให้นิสิตครูมีแนวคิดทางการศึกษาที่จะนำมาใช้ในการเชื่อมโยงกับลักษณะของตัวอย่างชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้สอนเรียบเรียงได้ดียิ่งขึ้น 2. การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	1. ผู้สอนให้นิสิตครูตอบคำถามบนเว็บไซต์ Quizizz พร้อมกับเฉลย เพื่อทบทวนเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูเห็นตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

ตาราง 29 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูอภิปรายตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นรายกลุ่ม	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้	1. การให้นิสิตครูได้เห็นตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จะช่วยให้นิสิตครูเห็นแนวทางและคุณค่าของการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในชั้นเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น 2. การใช้ Breakout Room จะช่วยกระตุ้นให้นิสิตครูร่วมกันทำงานเป็นรายกลุ่ม เปิดโอกาสให้นิสิตครูร่วมกันแสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1 มาใช้ในการอธิบายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูเป็นรายบุคคลได้	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการวิเคราะห์ตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ 1. ผู้สอนสร้าง Breakout Room เพื่อแบ่งนิสิตครูเป็นกลุ่ม 2. ผู้สอนส่งลิงก์กิจกรรมบน GeoGebra Classroom เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาและอภิปรายลักษณะของตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยผู้สอนคอยสังเกตการทำกิจกรรมของนิสิตครูแต่ละกลุ่มและตอบคำถามหรือข้อสงสัย (ถ้ามี)

ตาราง 29 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูอภิปรายและสะท้อนคิดถึงลักษณะของการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จากตัวอย่างชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้เป็นรายกลุ่ม	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะและยกตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายลักษณะและยกตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้	3. การใช้ระบบ GeoGebra Classroom สามารถช่วยในการติดตามการทำงาน และตรวจสอบแนวคิดในการอธิบายลักษณะของการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครูเป็นรายบุคคลได้ 4. การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรมจะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดทางการศึกษาที่ใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra	3. นิสิตครูแต่ละกลุ่ม กลับสู่ Main Room เพื่อนำเสนอความรู้ที่ได้จากการร่วมกันศึกษาและอภิปรายตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra พร้อมทั้งเสนอแนวคิดและยกตัวอย่างในการนำตัวอย่างชิ้นงานของโปรแกรม GeoGebra ที่ได้ศึกษาไปใช้ในชั้นเรียน 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้ร่วมกันศึกษาและอภิปราย (ถ้ามี)

ตาราง 29 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับหลักการในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 30 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 3

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	การชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน จะช่วยให้นิสิตครูมีความพร้อมในการเรียนรู้ในคาบเรียน และสามารถกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละคาบเรียนได้อย่างชัดเจน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นให้นิสิตครูศึกษาวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom และวิเคราะห์สื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้

ตาราง 30 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการชั้นเรียน 2.2 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน	1. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการจัดการชั้นเรียนโดยใช้ GeoGebra Classroom ได้ 2. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายวิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้ 3. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้	1. การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้ระบบ GeoGebra Classroom จะทำให้นิสิตครูเห็นแนวทางการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผ่านการทดลองใช้เครื่องมือต่าง ๆ ใน GeoGebra Classroom ด้วยตนเอง และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีการใช้กับนิสิตครูคนอื่น ๆ ในชั้นเรียน 2. การให้นิสิตครูร่วมกันวิเคราะห์วิธีการสร้างตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นรายกลุ่ม เป็นการเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และช่วยกันทำความเข้าใจเทคนิคการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างชิ้นงาน ผ่านการลงมือปฏิบัติ และทดลองเลียนแบบวิธีการสร้างจากตัวอย่างชิ้นงานที่กำหนดให้ ซึ่งจะช่วยให้นิสิตครูมีประสบการณ์ในการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra เพื่อการสร้างชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม	ผู้สอนจัดกิจกรรมเพื่อให้นิสิตครูได้ศึกษาแนวทางการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ดังนี้ 1. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 1.1 การใช้เครื่องมือต่าง ๆ บน GeoGebra Classroom 1.2 แนวทางการจัดการชั้นเรียนโดยใช้ระบบ GeoGebra Classroom 2. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาตัวอย่างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ 2.2 แนวทางในการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ตาราง 30 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
2. นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาแนวทางการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในประเด็นต่อไปนี้ 2.3 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	4. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายวิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้ 5. เพื่อให้นิสิตครูสามารถอธิบายแนวทางการนำตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนได้	3. การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการฝึกและทำให้นิสิตครูได้มีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงระหว่างการนำแนวคิดทางการศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สื่อการเรียนรู้โปรแกรม GeoGebra ได้อย่างเหมาะสม 4. การให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาแนวทางการนำตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นการฝึกและทำให้นิสิตครูได้มีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงระหว่างการนำแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ได้อย่างเหมาะสม	3. ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ 3.1 วิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ 3.2 แนวทางการนำการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน 4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้นำเสนอ (ถ้ามี)

ตาราง 30 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	แนวคิด	กิจกรรม
3. นิสิตครูแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการศึกษาจากประเด็นที่ได้รับในข้อ 2	เหมือนกับข้อ 2	การให้นิสิตครูนำเสนอผลการทำกิจกรรมจะทำให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดทางการศึกษาที่ใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	1. นิสิตครูแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการศึกษาจากประเด็นที่ได้รับในข้อ 2 โดยให้ระยะเวลาในการนำเสนอกลุ่มละไม่เกิน 15 นาที 2. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่นิสิตครูได้นำเสนอ (ถ้ามี)
4. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้ และการนำสื่อการเรียนรู้ที่กำหนดให้ ไปใช้ในชั้นเรียนตามแนวคิดทางการศึกษาที่ได้เรียนรู้ในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	การสรุปบทเรียนทำให้นิสิตครูได้ทบทวนสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ และประเมินตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ตาราง 31 รายละเอียดของรูปแบบการสอน (ฉบับสมบูรณ์) ระยะที่ 4

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
1. ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียน	เพื่อให้นิสิตครูทราบถึงจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนรู้ในคาบเรียน ซึ่งเป็นกิจกรรมให้นิสิตครูได้ฝึกประสบการณ์ออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
2. นิสิตครูออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในหัวข้อที่สนใจ	1. เพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. เพื่อให้นิสิตครูได้ฝึกการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. ผู้สอนให้นิสิตครูเลือกหัวข้อที่สนใจในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2. นิสิตครูออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบด้วย สื่อการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ และออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบด้วย ชิ้นงานการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และเกณฑ์การให้คะแนนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหัวข้อที่เลือก โดยนิสิตครูสามารถสอบถามข้อสงสัย หรือปรึกษาแนวทางการออกแบบกับผู้สอนได้

ตาราง 31 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
3. นิสิตครูนำเสนอชิ้นงานที่ได้ออกแบบขึ้นในประเด็นต่อไปนี้ 3.1 การออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra 3.2 การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	1. เพื่อให้นิสิตครูแลกเปลี่ยนแนวคิดในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. เพื่อให้นิสิตครูแลกเปลี่ยนแนวคิดในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. นิสิตครูนำเสนอผลการออกแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 1.1 วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 1.2 การนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. นิสิตครูนำเสนอผลการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้ 2.1 วิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 2.2 การนำการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบขึ้น มาใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตาราง 31 (ต่อ)

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม
4. ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น	1. เพื่อให้นิสิตครูได้แนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ออกแบบให้สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น 2. เพื่อให้นิสิตครูได้แนวทางในการปรับปรุงการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้สอดคล้องกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1. ผู้สอนประเมินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ จากนั้นให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น 2. ผู้สอนประเมินการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ จากนั้นให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
5. สรุปความรู้ที่ได้ในบทเรียน	เพื่อให้นิสิตครูสรุปสาระสำคัญที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน	ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้นิสิตครูได้สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน

ภาคผนวก ซ
แบบประเมิน “รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง)”

<u>คำชี้แจงการประเมิน</u>

รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง)

สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

การสร้างรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่างนี้) เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิจัยเรื่อง “การพัฒนารูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์” เพื่อใช้เป็นกรอบในการสร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยี และ TPACK ของนิสิตครู ตลอดจนเป็นแนวทางในการปฏิบัติการสอนภาคสนามของนิสิตครูต่อไป

รูปแบบการสอน ได้แบ่งการดำเนินกิจกรรมเป็น 4 ระยะดังรายละเอียดต่อไปนี้

<u>ระยะที่ 1</u> : การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี

(กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู)

<u>ระยะที่ 2</u> : การทำให้เกิดการยอมรับในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน

(กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตครูเห็นตัวอย่างของการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และตัวอย่างเพื่อนำไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์)

<u>ระยะที่ 3</u> : การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี

(กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้ และอภิปรายแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้ที่กำหนดให้ ไปใช้จัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน)

<u>ระยะที่ 4</u> : การฝึกออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี

(กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตครูมีประสบการณ์เบื้องต้นในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra)

โดยมีรายละเอียดของขั้นตอน วัตถุประสงค์ แนวคิด และกิจกรรมต่าง ๆ ตามรูปแบบการสอนที่กำหนดดังในเอกสารที่แนบมาพร้อมกันนี้

เอกสารที่แนบมาเพื่อใช้ประกอบการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบไปด้วย

1) <u>แบบประเมิน</u> “รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง)”

2) รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง)

3) รายละเอียดของ “รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง)”

ผู้วิจัยมีความประสงค์ให้รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง) นี้ได้รับการประเมินความเหมาะสม (รายการที่ประเมินทั้งหมดจำนวน 21 ข้อ) จากผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำไปปรับปรุงก่อนที่จะนำไปทดลองใช้ต่อไป

แบบประเมิน

“รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ (ฉบับร่าง)”

คำชี้แจง

1. โปรดทำเครื่องหมาย O ล้อมรอบตัวเลขที่แทนระดับความเหมาะสมในแต่ละรายการที่ประเมินตามความคิดเห็นของท่าน

2. โปรดให้ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะในบรรทัดที่เว้นไว้ของแต่ละรายการที่ประเมิน

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		น้อย 1	ค่อนข้างน้อย 2	ปานกลาง 3	ค่อนข้างมาก 4	มาก 5
1	การกำหนดระยะในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนมี 4 ระยะ **ระยะที่ 1** : การเตรียมความรู้ด้านเทคโนโลยี (กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยีของนิสิตครู) **ระยะที่ 2** : การทำให้เกิดการยอมรับในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน (กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตครูเห็นตัวอย่างของการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และตัวอย่างเพื่อนำไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์) **ระยะที่ 3** : การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี (กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตครูร่วมกันศึกษาวิธีการใช้ระบบ GeoGebra Classroom ในการจัดการชั้นเรียน วิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้ และอภิปรายแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้ที่กำหนดให้ไปใช้ในชั้นเรียน)	1	2	3	4	5

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	ระยะที่ 4 : การฝึกออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี (กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตครูมีประสบการณ์เบื้องต้นในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra)					
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- --- ---					
2	การกำหนดขั้นตอน (Processes) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- --- ---					
3	การกำหนดวัตถุประสงค์ (Objectives) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- --- ---					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
4	การกำหนดแนวคิด (Concepts) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ					
5	การกำหนดกิจกรรม (Activities) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 1	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ					
6	การกำหนดขั้นตอน (Processes) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ					
7	การกำหนดวัตถุประสงค์ (Objectives) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
8	การกำหนดแนวคิด (Concepts) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- ---					
9	การกำหนดกิจกรรม (Activities) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 1	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- ---					
10	การกำหนดขั้นตอน (Processes) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- ---					
11	การกำหนดวัตถุประสงค์ (Objectives) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- ---					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
12	การกำหนดแนวคิด (Concepts) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- ---					
13	การกำหนดกิจกรรม (Activities) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 2 ส่วนที่ 2	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- ---					
14	การกำหนดขั้นตอน (Processes) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- ---					
15	การกำหนดวัตถุประสงค์ (Objectives) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- ---					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
16	การกำหนดแนวคิด (Concepts) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ					
17	การกำหนดกิจกรรม (Activities) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 3	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ					
18	การกำหนดขั้นตอน (Processes) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 4	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ					
19	การกำหนดวัตถุประสงค์ (Objectives) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 4	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ					

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
20	การกำหนดกิจกรรม (Activities) ของรูปแบบการสอนในระยะที่ 4	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- ---					
21	การจัดวางแผนผังเพื่อนำเสนอรูปแบบการสอนมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	1	2	3	4	5
	ความคิดเห็น และ/หรือข้อเสนอแนะ --- --- --- --- ---					

ภาคผนวก ฌ
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK
สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์

รูปแบบการสอนที่เสริมสร้าง TPACK สำหรับนิสิตครูคณิตศาสตร์ ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนทั้งหมด 30 ชั่วโมง โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 15 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 1) ชื่อกิจกรรม 2) จุดประสงค์การเรียนรู้ 3) สาระการเรียนรู้ 4) สื่อการเรียนรู้ 5) กิจกรรมการเรียนการสอน 6) การวัดและประเมินผล และ 7) บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน สำหรับกำหนดการจัดการเรียนการสอนสามารถดูได้ในตาราง 26 ภาคผนวก ช

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่จะนำเสนอในภาคผนวกของงานวิจัยนี้ จะเลือกนำเสนอแผนการจัดการเรียนรู้แรกของแต่ละระยะของการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หัวข้อ การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 หัวข้อ แนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 หัวข้อ การอภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 หัวข้อ การศึกษาแนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14 หัวข้อ การฝึกการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หัวข้อ : การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต 1

เวลา : 2 ชั่วโมง

---

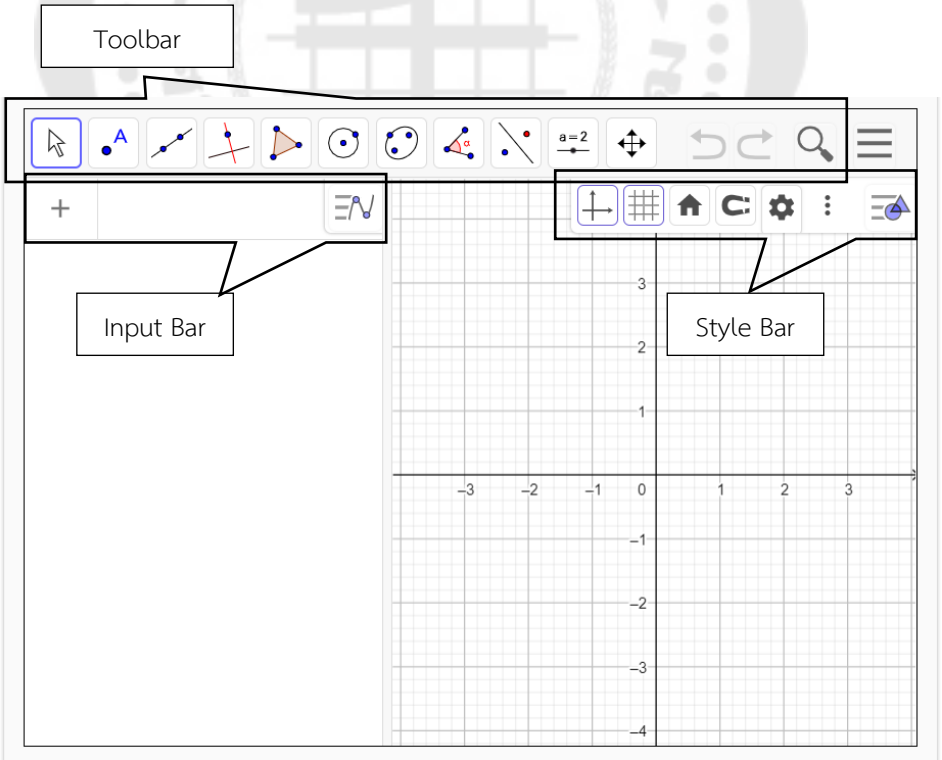
1. จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นิสิตครูสามารถใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัตในการสร้างจุด ส่วนของเส้นตรง รังสี เส้นตรง และวงกลมขั้นพื้นฐานได้

2. สาระการเรียนรู้

2.1 แนะนำหน้าต่างของโปรแกรม GeoGebra

เมื่อเปิดโปรแกรม GeoGebra จะปรากฏหน้าต่างดังรูป โดยสามารถเรียกชื่อของแต่ละส่วนได้ ดังต่อไปนี้



2.2 การใช้เครื่องมือในการสร้างจุด

1) คลิกปุ่ม

2) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงาน เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด A

3) จะได้ จุด A ซึ่งเป็นอ็อบเจกต์อิสระ (ไม่มีตัวแม่ และตัวลูก)

หมายเหตุ : การสร้างจุดบนแผ่นงาน สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

<ชื่อจุด>(<พิกัด X >,<พิกัด Y >)

2.3 การใช้เครื่องมือในการสร้างส่วนของเส้นตรง

1) คลิกปุ่ม ตามด้วย Segment

2) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงาน เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด A ซึ่งเป็นจุดปลายจุดหนึ่งของส่วนของเส้นตรงที่ต้องการสร้าง

3) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงานอีกครั้ง เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด B ซึ่งเป็นจุดปลายจุดหนึ่งของส่วนของเส้นตรงที่ต้องการสร้าง

4) จะได้ส่วนของเส้นตรง f ซึ่งมีจุด A และจุด B เป็นจุดปลายของส่วนของเส้นตรง

ถ้าเลื่อนตำแหน่งของจุด A หรือจุด B จะเห็นว่าตำแหน่งของส่วนของเส้นตรง f จะเปลี่ยนแปลงด้วย

ดังนั้นจุด A และจุด B เป็นตัวแม่ และส่วนของเส้นตรง f เป็นตัวลูก

หมายเหตุ : การสร้างส่วนของเส้นตรง สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

Segment(<จุดปลาย>,<จุดปลาย>)

สังเกตว่าอ็อบเจกต์ที่อยู่ในอาร์กิวเมนต์ของวัตถุจะเป็นตัวแม่

2.4 การใช้เครื่องมือในการสร้างเส้นตรง

1) คลิกปุ่ม ตามด้วย Line

2) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงาน เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด A ซึ่งเป็นจุดหนึ่งที่เส้นตรงผ่าน

3) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงานอีกครั้ง เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด B ซึ่งเป็นอีกจุดหนึ่งที่เส้นตรงผ่าน

4) จะได้เส้นตรง f ซึ่งมีจุด A และจุด B เป็นจุดที่เส้นตรงผ่าน

ถ้าเลื่อนตำแหน่งของจุด A หรือจุด B จะเห็นว่าตำแหน่งของเส้นตรง f จะเปลี่ยนแปลงด้วย

ดังนั้นจุด A และจุด B เป็นตัวแม่ และเส้นตรง f เป็นตัวลูก

หมายเหตุ : การสร้างเส้นตรง สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

Line(<จุดที่ผ่าน>,<จุดที่ผ่าน>)

2.5 การใช้เครื่องมือในการสร้างรังสี

1) คลิกปุ่ม ตามด้วย Ray

2) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงาน เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด A ซึ่งเป็นจุดปลายของรังสี

3) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงานอีกครั้ง เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด B ซึ่งเป็นจุดที่รังสีผ่าน

4) จะได้รังสี f ซึ่งมีจุด A เป็นจุดปลาย และจุด B เป็นจุดที่รังสีผ่าน

ถ้าเลื่อนตำแหน่งของจุด A หรือจุด B จะเห็นว่าตำแหน่งของรังสี f จะเปลี่ยนแปลงด้วย

ดังนั้นจุด A และจุด B เป็นตัวแม่ และรังสี f เป็นตัวลูก

หมายเหตุ : การสร้างรังสี สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

Ray(<จุดปลาย>,<จุดที่ผ่าน>)

2.6 การสร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและจุดที่วงกลมผ่าน

1) คลิกปุ่ม ตามด้วย Circle with Center through Point

2) คลิกครั้งที่ 1 เพื่อกำหนดจุด A ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม

3) คลิกครั้งที่ 2 เพื่อกำหนดจุด B ซึ่งเป็นจุดบนวงกลม

4) จะได้วงกลมที่มีจุด A เป็นจุดศูนย์กลาง และจุด B เป็นจุดบนวงกลม

โดยที่ จุด A และจุด B เป็นตัวแม่ และวงกลม c เป็นตัวลูกของจุด A และจุด B

หมายเหตุ : การสร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและจุดที่วงกลมผ่าน สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

Circle(<จุดศูนย์กลาง>,<จุดบนวงกลม>)

2.7 การสร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและความยาวของรัศมี

1) คลิกปุ่ม ตามด้วย Circle: Center & Radius

2) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงานเพื่อกำหนดจุด A ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม

3) ป้อนความยาวของรัศมีของวงกลมเป็นจำนวนจริงบวกใด ๆ

4) จะได้วงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด A และมีความยาวรัศมีเท่ากับค่าที่ผู้ใช้กำหนด โดยที่จุด A เป็นตัวแม่ และวงกลม c เป็นตัวลูก

หมายเหตุ : การสร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและความยาวของรัศมี สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

Circle(<จุดศูนย์กลาง>,<ความยาวของรัศมีของวงกลม>)

2.8 การสร้างวงกลมที่มีความยาวของรัศมีเท่ากับส่วนของเส้นตรงที่กำหนดให้

1) สร้างส่วนของเส้นตรง f ซึ่งมีจุด A และจุด B เป็นจุดปลายของส่วนของเส้นตรง

2) คลิกปุ่ม ตามด้วย Compass

3) เลือกส่วนของเส้นตรง f

4) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงาน เพื่อสร้างจุด C ซึ่งเป็นตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของวงกลมในชิ้นงาน

5) จะได้วงกลม c ที่มีจุด C เป็นจุดศูนย์กลาง และมีความยาวของรัศมีเท่ากับความยาวของส่วนของเส้นตรง f

โดยที่ส่วนของเส้นตรง f และจุด C เป็นตัวแม่ และวงกลม c เป็นตัวลูก

หมายเหตุ : การสร้างวงกลมที่มีความยาวของรัศมีเท่ากับส่วนของเส้นตรงที่กำหนดให้ สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

Circle(<จุดศูนย์กลาง>,<ส่วนของเส้นตรงที่กำหนดให้เป็นความยาวของรัศมี>)

2.9 การสร้างวงกลมผ่านจุด 3 จุดที่กำหนดให้

1) คลิกปุ่ม ตามด้วย Circle through 3 Points

2) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงาน เพื่อสร้างจุด A, B และ C ซึ่งเป็นจุด 3 จุดที่วงกลมผ่าน

3) จะได้วงกลม c ซึ่งเป็นวงกลมที่ผ่านจุด A, B และ C

โดยที่ จุด A, B และ C เป็นตัวแม่ และวงกลม c เป็นตัวลูก

หมายเหตุ : การสร้างวงกลมผ่านจุด 3 จุดที่กำหนดให้ สามารถ Input คำสั่งในรูป

Circle(<จุดที่ผ่าน>,<จุดที่ผ่าน>,<จุดที่ผ่าน>)

3. สื่อการเรียนรู้

3.1 กิจกรรมบน GeoGebra Classroom จำนวน 3 กิจกรรม ตามลิงก์ต่อไปนี้

1) https://www.geogebra.org/m/hx2rsyae

2) https://www.geogebra.org/m/ftyqmtvu

3) https://www.geogebra.org/m/taycdyzb

3.2 โปรแกรม Zoom

4. กิจกรรมการเรียนการสอน

4.1 ขั้นนำ (15 นาที)

4.1.1 ผู้สอนเปิดห้อง Main Room ในโปรแกรม Zoom ก่อนเวลาเรียนจริงประมาณ 5 – 10 นาที เพื่อให้นิสิตครูเข้าเรียนเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนถึงเวลาเรียนจริง

4.1.2 ผู้สอนแนะนำโปรแกรมคณิตศาสตร์พลวัต โปรแกรม GeoGebra ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีคุณลักษณะในการรวมกันของโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต (Dynamic Geometry Software) และโปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ (Computer Algebra System) นอกจากนี้ โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมโอเพนซอร์ซ สามารถใช้ได้ฟรี เข้าถึงได้ในหลากหลายอุปกรณ์ และมีชุมชนของสื่อการเรียนรู้ที่ครูคณิตศาสตร์ทั่วโลกได้แลกเปลี่ยนสื่อการเรียนรู้ เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

4.1.3 ผู้สอนชี้แจงสิ่งที่นิสิตครูจะได้เรียนคาบนี้ ซึ่งเป็นการใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัตเบื้องต้น ได้แก่ เครื่องมือจุด เส้น และวงกลม

4.2 ขั้นสอน (100 นาที)

4.2.1 เพื่อให้นิสิตครูเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต ผู้สอนให้นิสิตครูเข้า GeoGebra Classroom ตามลิงก์ https://www.geogebra.org/m/hx2rsyae แล้วจัดกิจกรรมการเรียนการสอนดังต่อไปนี้

1) ผู้สอนอธิบายเกี่ยวกับตำแหน่งและการเรียกชื่อแต่ละส่วนของหน้าต่างโปรแกรม GeoGebra ได้แก่ Tool Bar Input Bar และ Style Bar

2) ผู้สอนอธิบายและสาธิตเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในการสร้างจุด ตามรายละเอียดในข้อที่ 1 และ Task 1 ของกิจกรรมลิงก์ https://www.geogebra.org/m/hx2rsyae โดยขณะที่ผู้สอนสาธิต นิสิตครูลงมือปฏิบัติตามแล้วสำรวจผลที่เกิดขึ้น

3) ผู้สอนอธิบายและสาธิตเกี่ยวกับการแสดงชื่อของอ็อบเจกต์ ตามรายละเอียดในข้อที่ 2 และ Task 2 ของกิจกรรม โดยขณะที่ผู้สอนสาธิต นิสิตครูลงมือปฏิบัติตามแล้วสำรวจผลที่เกิดขึ้น

4) ผู้สอนอธิบายและสาธิตเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในการสร้างส่วนของเส้นตรง ตามรายละเอียดในข้อที่ 3 และ Task 3.1 ของกิจกรรม ซึ่งเป็นการสร้างส่วนของเส้นตรงที่มีจุด P และจุด Q เป็นจุดปลายของส่วนของเส้นตรง โดยขณะที่ผู้สอนสาธิต นิสิตครูลงมือปฏิบัติตามแล้วสำรวจผลที่เกิดขึ้น

5) ผู้สอนถามนิสิตครูว่า การเลื่อนจุด P ใน Task 3.1 ส่งผลให้อ็อบเจกต์ใดมีการเปลี่ยนแปลงบ้าง

[นิสิตครูควรตอบว่า: ส่วนของเส้นตรงมีการเปลี่ยนแปลงไปตามจุด P ด้วย]

6) ผู้สอนสรุปประเด็นที่ได้จากข้อ 5) ว่า เมื่อเลื่อนตำแหน่งของจุด แล้วตำแหน่งของส่วนของเส้นตรงมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง จากนั้นผู้สอนถามนิสิตครูว่า ระหว่างจุด และส่วนของเส้นตรง อ็อบเจกต์ใดคือตัวแม่ และอ็อบเจกต์ใดคือตัวลูก

[นิสิตครูควรตอบว่า: จุด P เป็นตัวแม่ และส่วนของเส้นตรงเป็นตัวลูก]

7) ผู้สอนอธิบายและสาธิตเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือเส้นตรงและรังสี ตามรายละเอียดในข้อที่ 4 และ Task 4.1 ของกิจกรรม ซึ่งเป็นการสร้างเส้นตรง f ซึ่งเป็นเส้นตรงที่ผ่านจุด A และจุด B โดยขณะที่ผู้สอนสาธิต นิสิตครูลงมือปฏิบัติตามแล้วสำรวจผลที่เกิดขึ้น

8) ผู้สอนถามนิสิตครูว่า จากการสร้างใน Task 4.1 อ็อบเจกต์ใดเป็นตัวแม่บ้าง

[นิสิตครูควรตอบว่า: จุด A และจุด B]

9) ผู้สอนให้นิสิตครูลงมือทำกิจกรรม Task 4.3 ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ให้นิสิตครูสร้างรังสี f ที่มีจุด P เป็นจุดปลาย และจุด Q เป็นจุดที่รังสีผ่าน โดยเน้นให้นิสิตครูสำรวจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอ็อบเจกต์ หรือสิ่งที่เป็นเงื่อนไขจำเป็นสำหรับการสร้างอ็อบเจกต์

10) ผู้สอนถามนิสิตครูว่าจากกิจกรรมใน Task 4.3 อ็อบเจกต์ใดเป็นตัวแม่บ้าง

[นิสิตครูควรตอบว่า: จุด P และจุด Q]

4.2.2 ผู้สอนสร้างห้อง Breakout Room จำนวน 6 ห้อง ในโปรแกรม Zoom

4.2.3 ผู้สอนแบ่งนิสิตครูออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน โดยให้สมาชิกในแต่ละกลุ่มศึกษาการใช้เครื่องมือเกี่ยวกับการสร้างวงกลมตามลิงก์ https://www.geogebra.org/m/ftyqmtvu โดยขณะที่นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ผู้สอนเข้าตาม Breakout Room แต่ละห้อง เพื่อสังเกตการทำงานของนิสิตครู และคอยตอบคำถามสำหรับนิสิตครูที่มีข้อสงสัย

4.2.4 ผู้สอนให้นิสิตครูทุกกลุ่มกลับเข้าห้อง Main Room ในโปรแกรม Zoom

4.2.5 ผู้สอนสุ่มนิสิตครูจำนวน 2 - 3 กลุ่ม เพื่อนำเสนอผลการทำกิจกรรมจากข้อที่ 4.2.3 โดยให้นำเสนอคำตอบในแต่ละคำถามตามลิงก์ https://www.geogebra.org/m/ftyqmtvu ให้นิสิตครูทั้งชั้นเรียนดูอีกครั้ง ซึ่งผู้สอนคอยช่วยสรุปประเด็นที่ได้จากการทำกิจกรรมให้ถูกต้องและชัดเจนยิ่งขึ้น

4.2.6 ผู้สอนให้นิสิตครูเข้าห้อง Breakout Room ตามกลุ่มที่แบ่งไว้ในข้อ 4.2.3

4.2.7 นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือเกี่ยวกับการประยุกต์การสร้างเกี่ยวกับวงกลมตามลิงก์ https://www.geogebra.org/m/taycdyzb โดยขณะที่นิสิตครูร่วมกันศึกษาการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ผู้สอนเข้าตาม Breakout Room แต่ละห้อง เพื่อสังเกตการทำงานของนิสิตครู และคอยตอบคำถามสำหรับนิสิตครูที่มีข้อสงสัย

4.2.8 ผู้สอนให้นิสิตครูทุกกลุ่มกลับเข้าห้อง Main Room ในโปรแกรม Zoom

4.2.9 ผู้สอนสุ่มนิสิตครูจำนวน 2 - 3 กลุ่ม เพื่อนำเสนอผลการทำกิจกรรมจากข้อที่ 4.2.7 โดยให้นำเสนอคำตอบในแต่ละคำถามตามลิงก์ https://www.geogebra.org/m/taycdyzb ให้นิสิตครูทั้งชั้นเรียนดูอีกครั้ง ซึ่งผู้สอนคอยช่วยสรุปประเด็นที่ได้จากการทำกิจกรรมให้ถูกต้องและชัดเจนยิ่งขึ้น

4.3 ขั้นสรุป (5 นาที)

เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียนนี้ ผู้สอนใช้คำถามในการตรวจสอบความรู้ของนิสิตครูดังต่อไปนี้

1) ปุ่ม เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเกี่ยวกับอะไร

[นิสิตครูควรตอบว่า : การสร้างเกี่ยวกับจุด]

2) ปุ่ม เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเกี่ยวกับอะไร

[นิสิตครูควรตอบว่า : การสร้างเกี่ยวกับเส้นตรง ส่วนของเส้นตรง และรังสี]

3) ปุ่ม เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเกี่ยวกับอะไร

[นิสิตครูควรตอบว่า : การสร้างเกี่ยวกับวงกลม]

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในคาบเรียนนี้มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	**การวัดผล**	**การประเมินผล**
เพื่อให้นิสิตครูสามารถใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัตในส่วนของการสร้างจุด ส่วนของเส้นตรง รังสี เส้นตรง และวงกลมขั้นพื้นฐานได้	**<u>วิธีวัดผล</u>** : พิจารณาจากการตอบคำถามและการสร้างบน GeoGebra Classroom ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/hx2rsyae **<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนนการทำกิจกรรมบน GeoGebra Classroom ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/hx2rsyae	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : **Task 1 (1 คะแนน)** - คิดคะแนนจากการสร้างจุด จุดละ 0.5 คะแนน **Task 2 (2.5 คะแนน)** - คิดคะแนนจากการเปลี่ยนชื่อ หรือซ่อนชื่อจุดได้อย่างถูกต้อง จุดละ 0.5 คะแนน **Task 3.1 (1.5 คะแนน)** - สร้างและใส่ลักษณะของอ็อบเจกต์ได้ถูกต้อง ได้อ็อบเจกต์ละ 0.5 คะแนน **Q3.2 (1 คะแนน)** - ถ้าตอบคำถามถูกต้อง ได้ 1 คะแนน **Task 4.1 (1.5 คะแนน)** - สร้างและใส่ลักษณะของอ็อบเจกต์ได้ถูกต้อง ได้อ็อบเจกต์ละ 0.5 คะแนน **Q4.2 (1 คะแนน)** - ถ้าตอบคำถามถูกต้อง ได้ 1 คะแนน **Task 4.3 (1 คะแนน)** - สร้างและใส่ลักษณะของอ็อบเจกต์ได้ถูกต้อง ได้อ็อบเจกต์ละ 0.5 คะแนน **Q4.4 (1 คะแนน)** - ถ้าตอบคำถามถูกต้อง ได้ 1 คะแนน **<u>เกณฑ์การประเมินผล</u>** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 8 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
	<u>วิธีวัดผล</u> : พิจารณาจากการตอบคำถามและการสร้างบน GeoGebra Classroom ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/ftyqmtvu **<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนนการทำกิจกรรมบน GeoGebra Classroom ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/ftyqmtvu	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : **Task 1.1 (1.5 คะแนน)** - คิดคะแนนจากการสร้างและกำหนดชื่อวงกลม จุดศูนย์กลาง และจุดที่วงกลมผ่านได้อย่างถูกต้อง จะได้อ็อบเจกต์ละ 0.5 คะแนน **Q1.2 (1 คะแนน)** - ถ้าตอบคำถามถูกต้อง ได้ 1 คะแนน **Task 2.1 (1.5 คะแนน)** - คิดคะแนนจากการสร้างและกำหนดชื่อวงกลม จุดศูนย์กลาง และความยาวของรัศมีได้อย่างถูกต้อง จะได้จุดละ 0.5 คะแนน **Q2.2 (1 คะแนน)** - ถ้าตอบคำถามถูกต้อง ได้ 0.5 คะแนน **Task 3.1 (3 คะแนน)** - ในขั้นตอนที่ 1 และ 5 ขั้นตอนละ 0.5 คะแนน - ในขั้นตอนที่ 2 และ 4 ขั้นตอนละ 1 คะแนน **Q3.2 – Q3.5 (2 คะแนน)** - ถ้าตอบคำถามถูกต้อง จะได้ข้อละ 0.5 คะแนน **Task 4.1 (2 คะแนน)** - ในขั้นตอนที่ 1 ถ้าสร้างถูกต้อง จะได้ 1 คะแนน - ในขั้นตอนที่ 2.1 และ 2.2 ถ้าสร้างถูกต้อง จะได้ขั้นตอนละ 0.5 คะแนน **Q4.2 (1 คะแนน)** - ถ้าตอบคำถามถูกต้อง จะได้ 1 คะแนน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
		<u>เกณฑ์การประเมินผล</u> : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 10 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน
	<u>วิธีวัดผล</u> : พิจารณาจากการตอบคำถามและการสร้างบน geogebra.org ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/taycdyzb **<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนนการทำกิจกรรมบน geogebra.org ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/taycdyzb	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : **Task 1.1 (1 คะแนน)** - คิดคะแนนจากการสร้างและกำหนดชื่อวงกลมได้ถูกต้อง และการกำหนดความยาวของรัศมีได้ถูกต้อง จะได้จุดละ 0.5 คะแนน **Q1.2 (1 คะแนน)** - ถ้าตอบคำถามถูกต้อง ได้ 1 คะแนน **Task 2.1 (1 คะแนน)** - ถ้าสร้างวงกลมผ่านครบทั้ง 3 จุด จะได้ 1 คะแนน **Q2.2 (1 คะแนน)** - ถ้าตอบคำถามถูกต้อง ได้ 0.5 คะแนน **<u>เกณฑ์การประเมินผล</u>** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 3 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน

เฉลย กิจกรรมบน GeoGebra Classroom **ลิงก์** https://www.geogebra.org/m/hx2rsyae

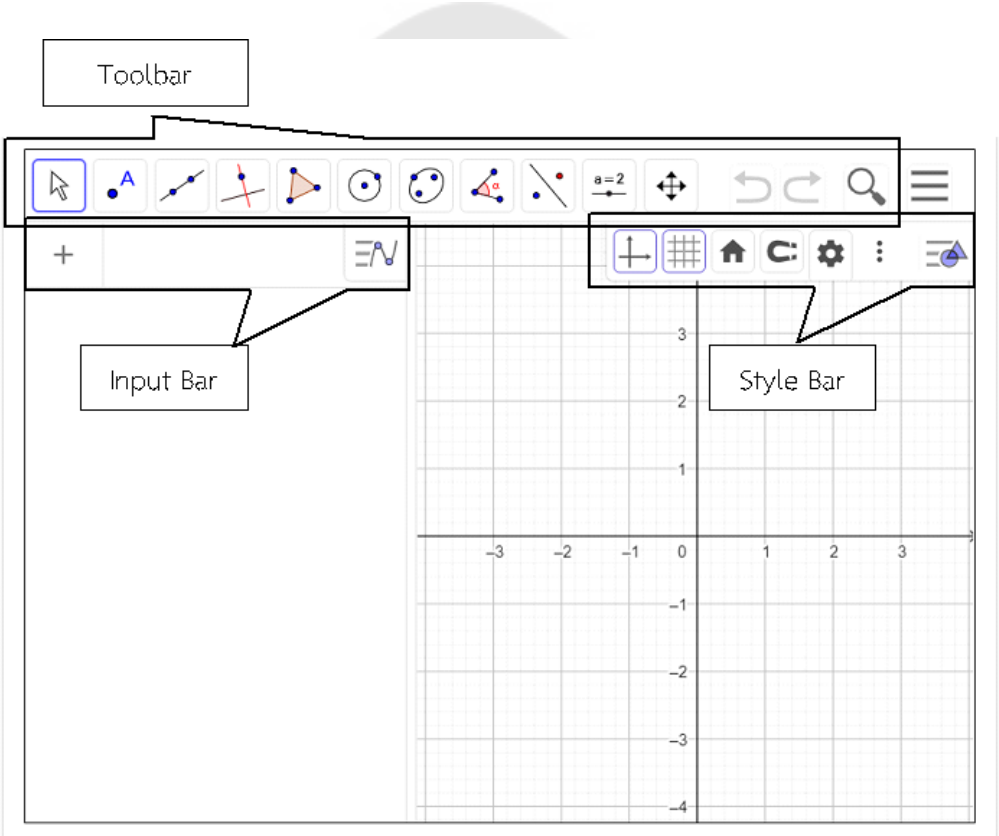
1. การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต (1)

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นิสิตครูสามารถใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัตในการสร้างเกี่ยวกับจุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง และรังสีได้

แนะนำหน้าต่างของโปรแกรม GeoGebra

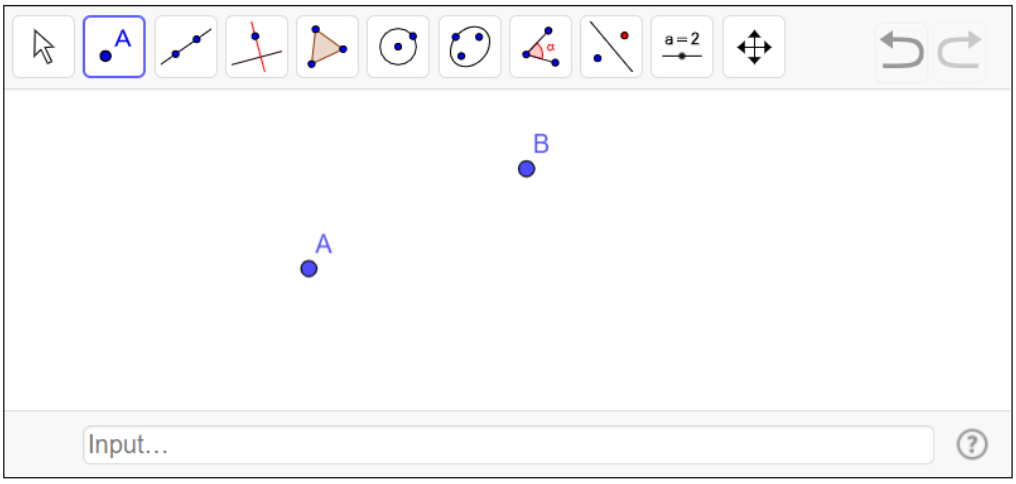
เมื่อเปิดโปรแกรม GeoGebra จะพบหน้าต่างและมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้



1. การใช้เครื่องมือในการสร้างจุด (1 คะแนน)

1) คลิกปุ่ม เลือก Point
2) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงานเพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด A
3) จะได้ จุด A ซึ่งเป็นอ็อบเจกต์อิสระ(ไม่มีตัวแม่ และตัวลูก)
หมายเหตุ : การสร้างจุดบนแผ่นงาน สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป
<ชื่อจุด>(<พิกัด X>,<พิกัด Y>)

Task 1: ให้นิสิตสร้างจุดสองจุด (ชื่ออะไรก็ได้ ตำแหน่งใดก็ได้) ใน Applet ด้านล่างนี้ (1 คะแนน)



2. การแสดงชื่อของอ็อบเจกต์ (2.5 คะแนน)

1) คลิกปุ่ม เพื่อออกจากการการทำงานการสร้างใด ๆ ทั้งหมด
ในกรณีเปลี่ยนชื่อ
2) คลิกขวาที่อ็อบเจกต์ที่ต้องการเปลี่ยนชื่อ แล้วคลิก Rename
3) พิมพ์ชื่อของอ็อบเจกต์ที่ต้องการแล้วกด OK
ในกรณีต้องการซ่อน/แสดง ชื่อของอ็อบเจกต์
4) คลิกขวาที่อ็อบเจกต์ที่ต้องการซ่อน/แสดง ชื่อของอ็อบเจกต์ เลือก Show Label

เทคนิคเพิ่มเติม
กรณีต้องการให้ชื่อเป็นตัวห้อย เช่น A_1 ให้พิมพ์ชื่อเป็น A_{1} ในตอนที่ Rename

Task 2: 2.5 คะแนน

ให้นิสิตเปลี่ยนชื่อจุดดังต่อไปนี้

1.จุด A เปลี่ยนเป็นชื่อจุด L

2.จุด B เปลี่ยนเป็นชื่อจุด O

3.จุด C เปลี่ยนเป็นชื่อจุด V

4.จุด D เปลี่ยนเป็นชื่อจุด E_1

5.จุด F ให้ซ่อนชื่อ

3. การใช้เครื่องมือในการสร้างส่วนของเส้นตรง (2.5 คะแนน)

1) คลิกปุ่ม ตามด้วย segment

2) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงาน เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด A ซึ่งเป็นจุดปลายจุดหนึ่งของส่วนของเส้นตรงที่ต้องการสร้าง

3) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงานอีกครั้ง เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด B ซึ่งเป็นจุดปลายอีกจุดหนึ่งของส่วนของเส้นตรงที่ต้องการสร้าง

4) จะได้ส่วนของเส้นตรง f ซึ่งมีจุด A และจุด B เป็นจุดปลายของส่วนของเส้นตรง

หมายเหตุ : การสร้างส่วนของเส้นตรง สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

Segment(<จุดปลาย>,<จุดปลาย>)

เทคนิคเพิ่มเติม:

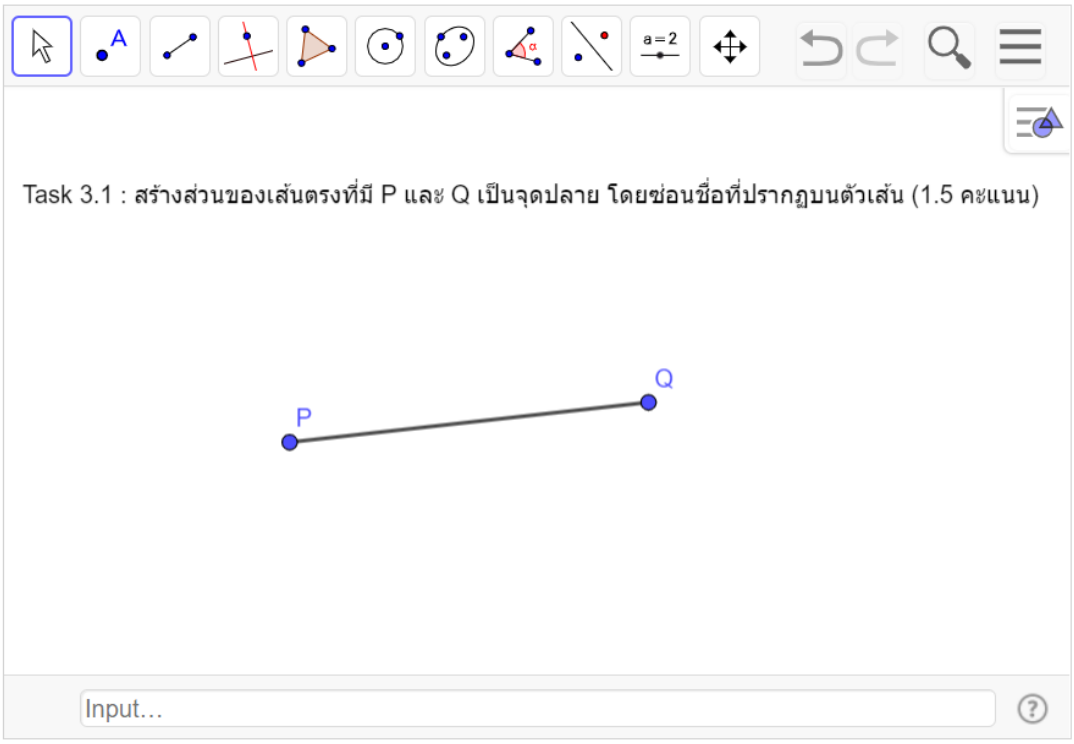
หากต้องการให้โปรแกรม GeoGebra แสดงชื่อเฉพาะในส่วนของจุดเวลาสร้างส่วนของเส้นตรง หรืออ็อบเจกต์อื่น ๆ ในครั้งถัดไป ให้ทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1) เลือก Menu (รูปสามขีดมุมบนขวาของ Applet)

2) เลือก Settings

3) ในส่วนของ Labelling ให้ปรับเป็น New Points Only

Task 3.1 (1.5 คะแนน)



Q3.2

จาก Applet ใน Task 3.1 ให้นิสิตเลื่อนจุด P แล้วสำรวจว่า เมื่อเลื่อนจุด P แล้ว มีวัตถุใดที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งนอกจากจุด P หรือไม่ (1 คะแนน)

- [x] ส่วนของเส้นตรง
- [ ] จุด Q
- [ ] มีการเคลื่อนที่ทั้งส่วนของเส้นตรง และจุด Q
- [ ] มีแต่จุด P ที่เปลี่ยนตำแหน่ง

จากผลที่ได้ใน Q3.2 เราจะเรียกจุด P และจุด Q ว่า "ตัวแม่"
และเรียกส่วนของเส้นตรง f ว่า "ตัวลูก"
สังเกตว่า ตัวแม่ เป็นสิ่งที่จำเป็น ในการสร้างอ็อบเจกต์ที่เป็นตัวลูก
กล่าวคือ ถ้าไม่มีจุดปลายสองจุด จะไม่สามารถสร้างส่วนของเส้นตรงได้

4. การใช้เครื่องมือสร้างเส้นตรงและรังสี (4.5 คะแนน)

การสร้างเส้นตรง

1. คลิกปุ่ม ตามด้วย Line
2. คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงาน เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด A ซึ่งเป็นจุดหนึ่งที่เส้นตรงผ่าน
3. คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงานอีกครั้ง เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด B ซึ่งเป็นอีกจุดหนึ่งที่เส้นตรงผ่าน
4. จะได้เส้นตรง f ซึ่งมีจุด A และจุด B เป็นจุดที่เส้นตรงผ่าน

หมายเหตุ : การสร้างเส้นตรง สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

Line(<จุดที่ผ่าน>,<จุดที่ผ่าน>)

การสร้างรังสี

1. คลิกปุ่ม ตามด้วย Ray
2. คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงาน เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด A ซึ่งเป็นจุดปลายของรังสี
3. คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงานอีกครั้ง เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุด B ซึ่งเป็นจุดที่รังสีผ่าน
4. จะได้รังสี f ซึ่งมีจุด A เป็นจุดปลายและจุด B เป็นจุดที่รังสีผ่าน

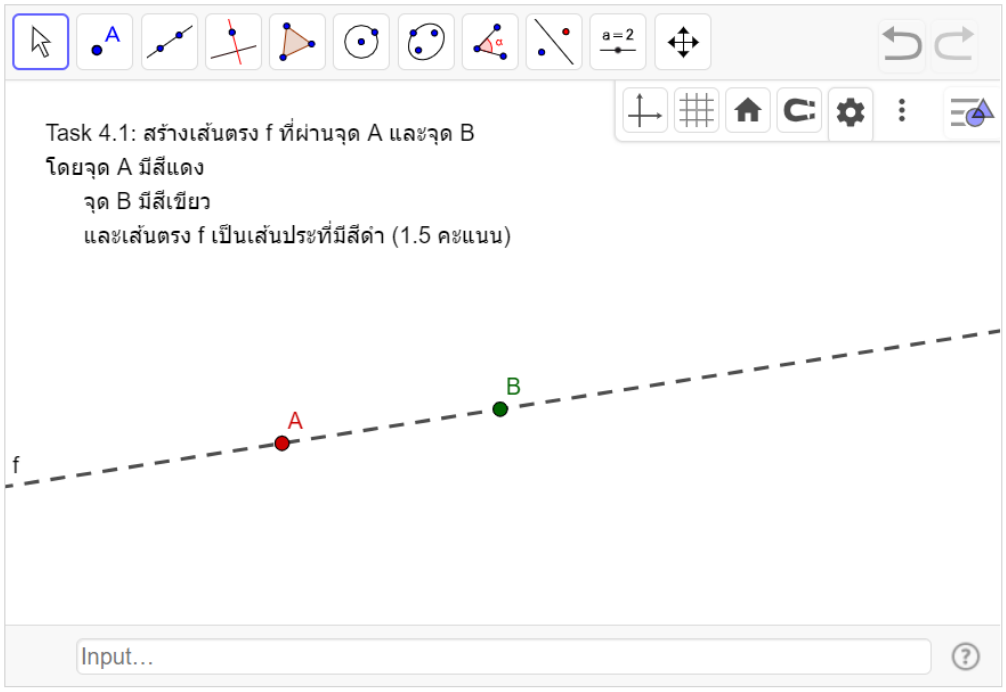
หมายเหตุ : การสร้างรังสี สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

Ray(<จุดปลาย>,<จุดที่ผ่าน>)

เทคนิคเพิ่มเติม

สามารถเปลี่ยนสีและลักษณะการแสดงผลของอ็อบเจกต์ โดยการเลือกอ็อบเจกต์ที่ต้องการ แล้วใช้เครื่องมือต่าง ๆ บน Style Bar ซึ่งปรากฏด้านบนขวาของ Applet

Task 4.1 (1.5 คะแนน)

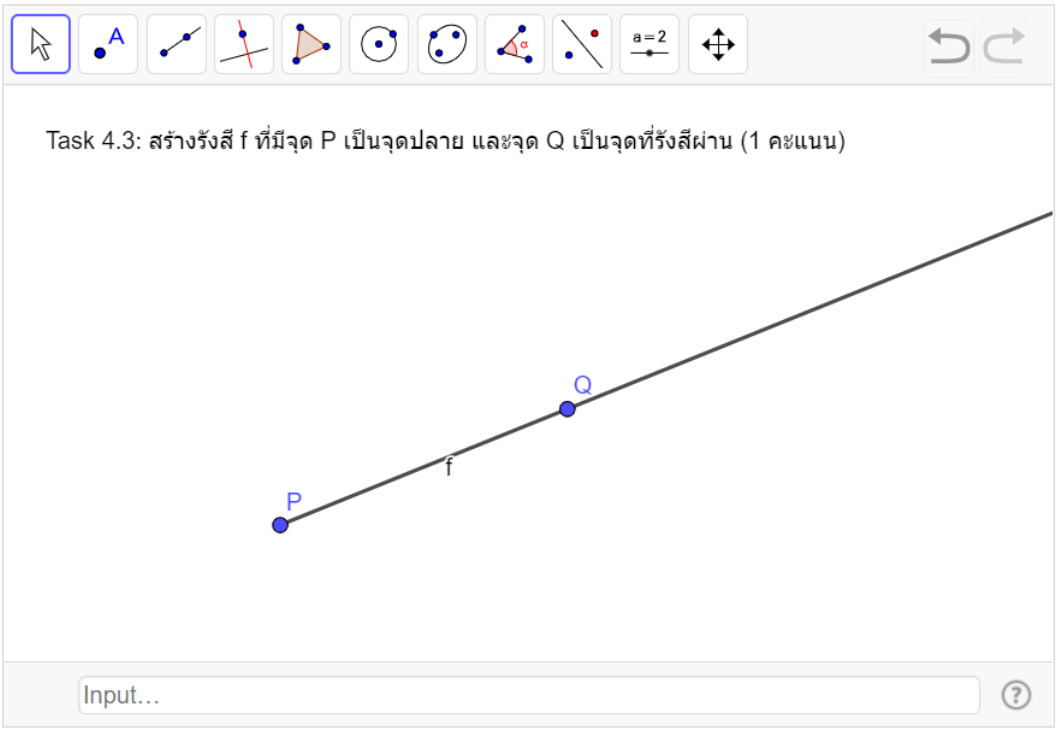


Q4.2: ให้เลื่อนอ็อบเจกต์ต่าง ๆ ใน Task 4.1 ได้แก่ จุด A จุด B และเส้นตรง f แล้วตอบคำถาม

ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวแม่บ้าง (1 คะแนน)

- [x] จุด A
- [x] จุด B
- [ ] เส้นตรง f

Task 4.3 (1 คะแนน)



Q4.4: ให้เลื่อนอ็อบเจกต์ต่าง ๆ ใน Task 4.3 ได้แก่ จุด P จุด Q และรังสี f แล้วตอบคำถาม

ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวแม่บ้าง (1 คะแนน)

- [x] จุด P
- [x] จุด Q
- [ ] รังสี f

เฉลย กิจกรรมบน GeoGebra Classroom ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/hx2rsyae

2. การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต (2)

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นิสิตครูสามารถใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัตในการสร้างเกี่ยวกับวงกลมขั้นพื้นฐานได้

1. การสร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและจุดที่วงกลมผ่าน (2.5 คะแนน)

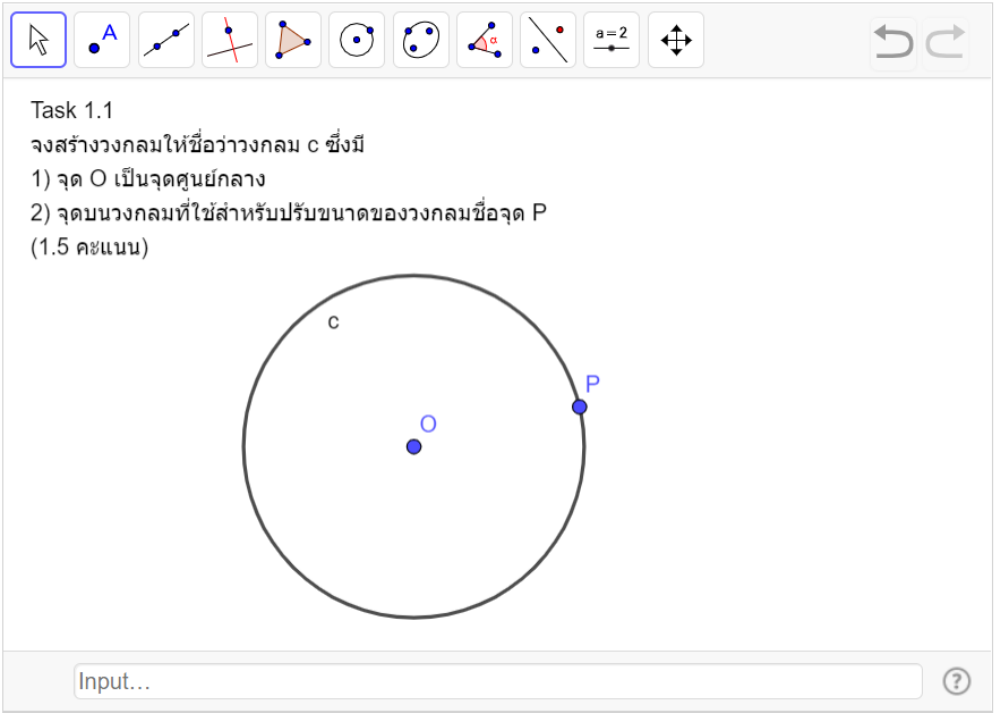
1) คลิกปุ่ม ตามด้วย Circle with Center through Point

2) คลิกครั้งที่ 1 เพื่อกำหนดจุด A ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม
3) คลิกครั้งที่ 2 เพื่อกำหนดจุด B ซึ่งเป็นจุดบนวงกลม
4) จะได้วงกลมที่มีจุด A เป็นจุดศูนย์กลาง และจุด B เป็นจุดบนวงกลม (จุดที่วงกลมผ่าน)
ซึ่งเมื่อเลื่อนจุด B แล้ว จะเห็นว่าสามารถปรับขนาดของวงกลมได้ด้วย

หมายเหตุ : การสร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและจุดที่วงกลมผ่าน สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

Circle(<จุดศูนย์กลาง>,<จุดบนวงกลม>)

Task 1.1 (1.5 คะแนน)



Q1.2: ให้สำรวจใน Task 1.1 โดยเลื่อนจุด O จุด P และวงกลม c แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

จากการสร้างใน Task 1.1 ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวแม่บ้าง (1 คะแนน)

- [x] จุด O
- [x] จุด P
- [ ] วงกลม c

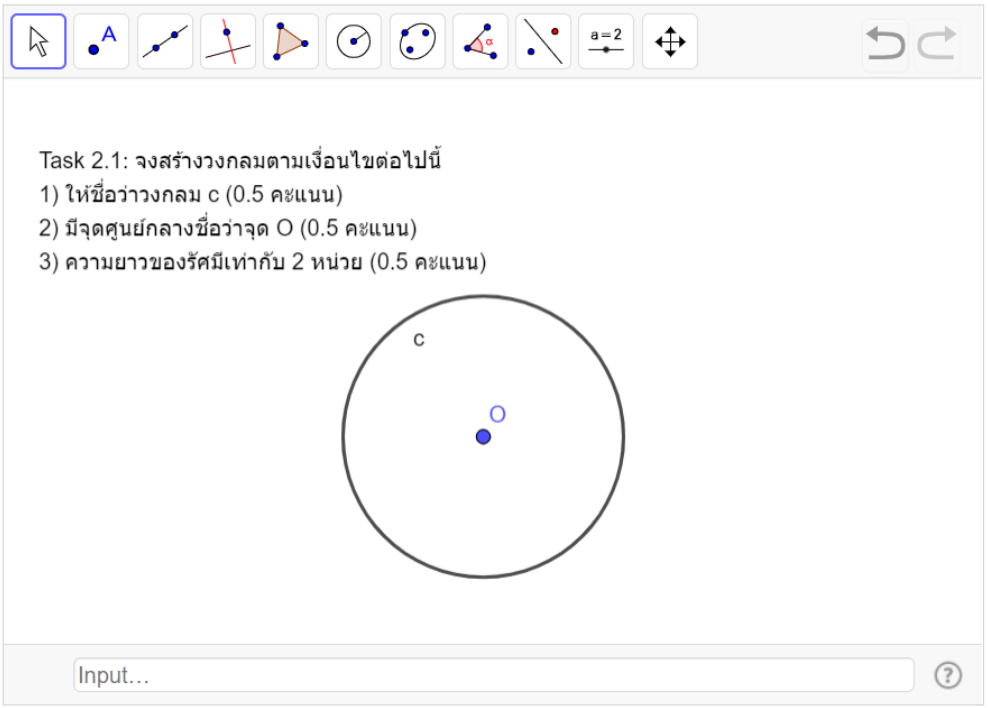
2. การสร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและความยาวของรัศมี

1) คลิกปุ่ม ตามด้วย Circle: Center & Radius
2) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงานเพื่อกำหนดจุด A ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม
3) ป้อนความยาวของรัศมีของวงกลมเป็นจำนวนจริงบวกใด ๆ
4) จะได้วงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด A และมีความยาวรัศมีเท่ากับค่าที่ผู้ใช้กำหนด

หมายเหตุ : การสร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและความยาวของรัศมี สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป

Circle(<จุดศูนย์กลาง>,<ความยาวของรัศมีของวงกลม>)

Task 2.1: (1.5 คะแนน)



Q2.2:

จากการสร้างใน Task 2.1 ตัวแม่คืออ็อบเจกต์ในข้อใด (0.5 คะแนน)

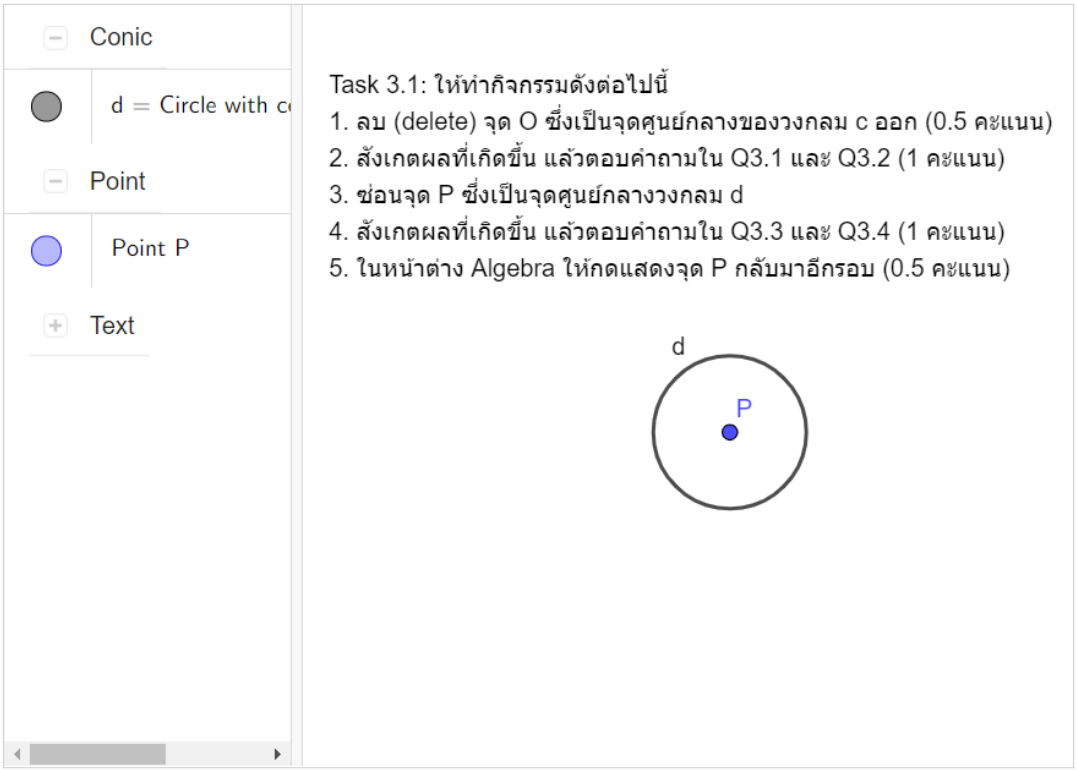
- [x] จุด O
- [ ] วงกลม c

3. การซ่อน / แสดง อ็อบเจกต์ (5 คะแนน)

การซ่อนอ็อบเจกต์ ไม่เหมือนกับการลบอ็อบเจกต์
การซ่อนอ็อบเจกต์ เป็นการทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถมองเห็นอ็อบเจกต์ได้ แต่อ็อบเจกต์ยังคงอยู่ในระบบ
การลบอ็อบเจกต์ เป็นการทำให้อ็อบเจกต์ถูกลบจากระบบ

วิธีการซ่อนอ็อบเจกต์:
1. ใช้ Move tool เพื่อเลือกอ็อบเจกต์ที่ต้องการซ่อน แล้วคลิกขวา
2. เลือก Show Object ออก สังเกตว่าอ็อบเจกต์นั้นจะยังอยู่ในระบบ (สังเกตจากแถบ Algebra View)

วิธีการแสดงอ็อบเจกต์
เลือกอ็อบเจกต์ โดยคลิกรูปวงกลมที่อยู่หน้าอ็อบเจกต์นั้นใน Algebra View



Q3.2: จากกิจกรรมข้อที่ 2 ใน Task 3 (0.5 คะแนน)

จากใน Applet
วงกลม c มีขั้นตอนการสร้างดังนี้
1. สร้างจุด O
2. ใช้เครื่องมือ Circle: Center & Radius กำหนด O เป็นจุดศูนย์กลาง และรัศมีมีความยาวเท่ากับ 1 หน่วย
3. ได้วงกลม c
จากขั้นตอนการสร้างข้างต้นอ็อบเจกต์ใดเป็นตัวแม่

- [ ] วงกลม c
- [x] จุด O

Q3.3: จากกิจกรรมข้อที่ 2 ใน Task 3 (0.5 คะแนน)

เมื่อลบ (delete) จุด O ไปแล้ว ตัวลูกจะหายไปหรือไม่
(คำตอบให้พิมพ์ว่า ใช่ หรือ ไม่ใช่)

ใช่

Q3.4: จากกิจกรรมข้อที่ 4 ใน Task 3 (0.5 คะแนน)

จากใน Applet
วงกลม d มีขั้นตอนการสร้างดังนี้
1. สร้างจุด P
2. ใช้เครื่องมือ Circle: Center & Radius กำหนด P เป็นจุดศูนย์กลาง และรัศมีมีความยาวเท่ากับ 1 หน่วย
3. ได้วงกลม d
จากขั้นตอนการสร้างข้างต้นอ็อบเจกต์ใดเป็นตัวแม่

- [ ] วงกลม d
- [x] จุด P

Q3.5: จากกิจกรรมข้อที่ 4 ใน Task 3 (0.5 คะแนน)

เมื่อ**ซ่อน** จุด P ไปแล้ว ตัวลูกจะหายไปหรือไม่
(คำตอบให้พิมพ์ว่า ใช่ หรือ ไม่ใช่)

ไม่ใช่

4. สไลเดอร์ (3 คะแนน)

เครื่องมือสไลเดอร์ ใช้สำหรับสร้างตัวแปรซึ่งผู้ใช้สามารถปรับค่าได้

การสร้างสไลเดอร์ หรือตัวแปร สามารถทำได้ 2 วิธีดังนี้

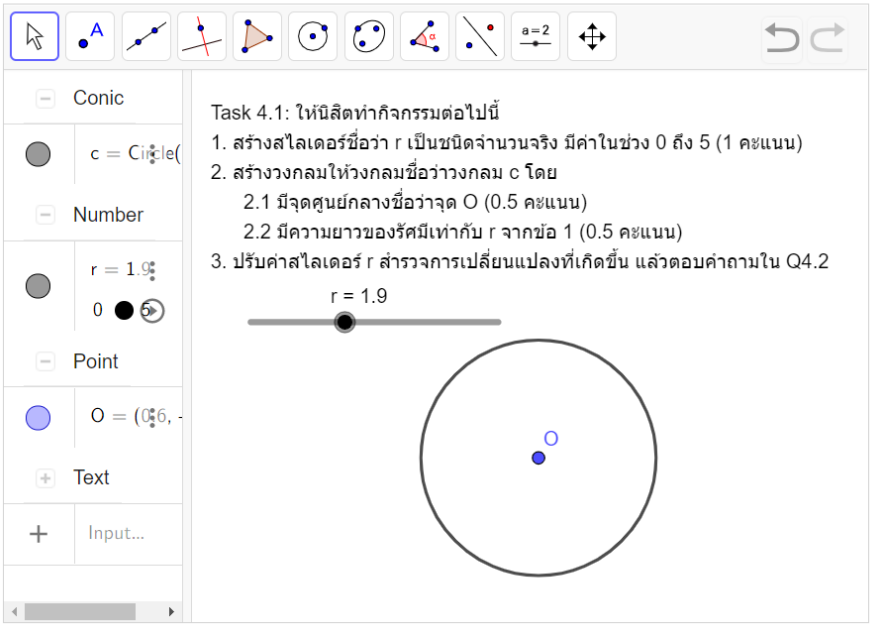
<u>วิธีที่ 1 ใช้เครื่องมือ Slider โดยตรง</u>

1. คลิกปุ่ม เลือก Slider
2. คลิกในตำแหน่งใด ๆ ของหน้าต่าง Graphics เพื่อวางตำแหน่งของ Slider
3. จะปรากฏหน้าต่างให้กำหนดค่าดังนี้
   1) Name หมายถึง ให้กำหนดชื่อตัวแปร เช่น a = 1 หมายถึง กำหนดสไลเดอร์แทนตัวแปร a ซึ่งมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1
   2) ชนิดตัวแปร ให้เลือกจาก Number (จำนวนจริง), Angle (ขนาดของมุม) และ Integer (จำนวนเต็ม)
   3) Interval ประกอบด้วย
      3.1) Min คือ ค่าต่ำสุดของตัวแปร
      3.2) Max คือ ค่าสูงสุดของตัวแปร
      3.3) Increment เป็นการตั้งค่าว่าถ้าเลื่อนสไลเดอร์จะให้ตัวแปรเพิ่ม / ลด ครั้งละเท่าใด
4. กด OK จะได้สไลเดอร์แทนตัวแปรที่เราสร้างขึ้นในชิ้นงาน ซึ่งสามารถเลื่อนเพื่อปรับค่าตามต้องการได้

<u>วิธีที่ 2 ใช้คำสั่ง Input</u>

1. ในช่อง Input ของหน้าต่าง Algebra ให้พิมพ์ในรูป <ชื่อตัวแปร> = <ค่าที่ต้องการ>
2. สามารถตั้งค่าของสไลเดอร์ หรือชนิดของตัวแปรโดยการคลิก : ซึ่งปรากฏด้านขวาของตัวแปรที่เราสร้าง แล้วตั้งค่าต่าง ๆ ได้เช่นเดียวกันกับวิธีที่ 1

Task 4.1 (2 คะแนน)



Q4.2: ตอบคำถามต่อไปนี้ (1 คะแนน)

จากการสร้างในวงกลม c Task 4.1 ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวแม่บ้าง

- [x] ตัวแปรชนิดจำนวนจริง r
- [x] จุด O
- [ ] วงกลม c

เฉลย กิจกรรมบน GeoGebra Classroom **ลิงก์** https://www.geogebra.org/m/hx2rsyae

3. การใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัต (3)

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นิสิตครูสามารถใช้เครื่องมือเรขาคณิตพลวัตในการสร้างเกี่ยวกับวงกลมขั้นพื้นฐานได้

1. การสร้างวงกลมที่มีความยาวของรัศมีเท่ากับส่วนของเส้นตรงที่กำหนดให้ (2 คะแนน)

1) สร้างส่วนของเส้นตรง f ซึ่งมีจุด A และจุด B เป็นจุดปลายของส่วนของเส้นตรง

2) คลิกปุ่ม ตามด้วย Compass

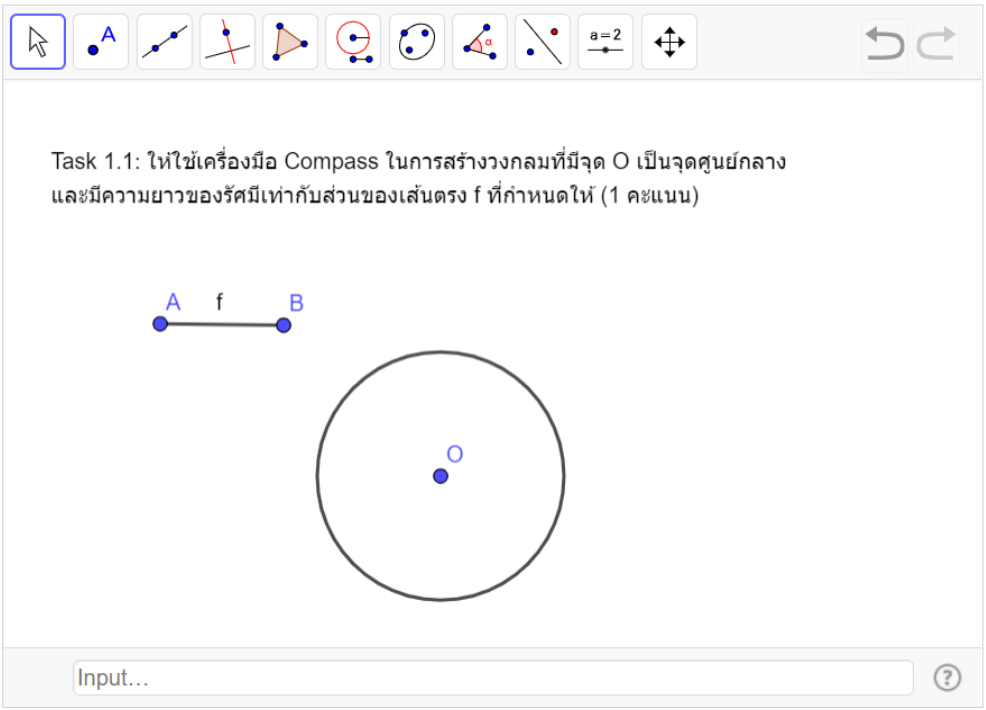
3) เลือกส่วนของเส้นตรง f

4) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงาน เพื่อสร้างจุด C ซึ่งเป็นตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของวงกลมในชิ้นงาน

5) จะได้วงกลม c ที่มีจุด C เป็นจุดศูนย์กลาง และมีความยาวของรัศมีเท่ากับความยาวของส่วนของเส้นตรง f

หมายเหตุ : การสร้างวงกลมที่มีความยาวของรัศมีเท่ากับส่วนของเส้นตรงที่กำหนดให้
สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป
Circle(<จุดศูนย์กลาง>,<ส่วนของเส้นตรงที่กำหนดให้เป็นความยาวของรัศมี>)

Task 1.1: (1 คะแนน)



Q1.2: ตอบคำถามต่อไปนี้ (1 คะแนน)

จากการสร้างใน Task 1.1 ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวแม่

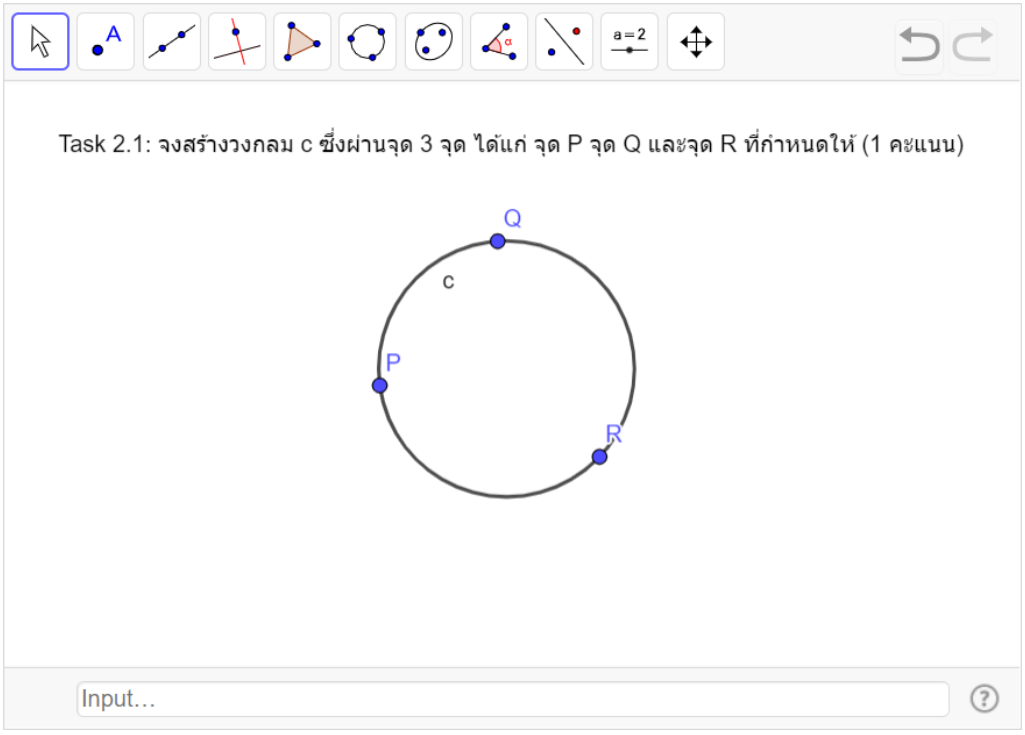
- [x] จุด O
- [x] ส่วนของเส้นตรง f
- [ ] วงกลม c

2. การสร้างวงกลมผ่านจุด 3 จุดที่กำหนดให้

1) คลิกปุ่ม ตามด้วย Circle through 3 Points

2) คลิกตำแหน่งใด ๆ ในชิ้นงาน เพื่อสร้างจุด A, B และ C ซึ่งเป็นจุด 3 จุดที่วงกลมผ่าน
3) จะได้วงกลม c ซึ่งเป็นวงกลมที่ผ่านจุด A, B และ C

หมายเหตุ : การสร้างวงกลมผ่านจุด 3 จุดที่กำหนดให้ สามารถ Input ด้วยคำสั่งในรูป
Circle(<จุดที่ผ่าน>,<จุดที่ผ่าน>,<จุดที่ผ่าน>)



Task 2.2: ตอบคำถามต่อไปนี้

ตัวแม่จากการสร้างใน Task 2.1 คือข้อใดบ้าง (1 คะแนน)

- [x] จุด P
- [x] จุด Q
- [x] จุด R

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10

หัวข้อ : แนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และ
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
เวลา : 2 ชั่วโมง

---

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นิสิตครูสามารถ

1.1 ระบุแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

1.2 ระบุแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

2. สาระการเรียนรู้

2.1 แนวคิดการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

2.1.1 คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมคณิตศาสตร์พลวัต (Dynamic Mathematics Software: DMS) ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างคุณสมบัติของโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต (Dynamic Geometry Software: DGS) และโปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ (Computer Algebra System: CAS) ซึ่งคุณสมบัติของแต่ละโปรแกรมเป็นดังต่อไปนี้

1) โปรแกรมเรขาคณิตพลวัต เป็นโปรแกรมสื่อปฏิสัมพันธ์ที่เกี่ยวกับการสร้างวัตถุทางเรขาคณิตที่มีลักษณะพิเศษคือ เมื่อผู้ใช้สร้างวัตถุทางเรขาคณิต เช่น จุด เส้น และวงกลม เป็นต้น วัตถุทางเรขาคณิตเหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันจากการสร้าง และเมื่อผู้ใช้โปรแกรมทำการเคลื่อนย้ายวัตถุใดวัตถุหนึ่ง วัตถุอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับวัตถุนั้นจะยังคงรักษาสมบัติทางเรขาคณิตที่ได้จากการสร้างเสมอ

2) โปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ เป็นโปรแกรมที่ผู้ใช้สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตได้อย่างแม่นยำ กล่าวคือ สามารถดำเนินการโดยแสดงผลในรูปของ เศษส่วน และจำนวนอตรรกยะ โดยไม่มีการประมาณค่าในทุกขั้นตอนการคำนวณเป็น

ทศนิยมเหมือนเครื่องคำนวณทั่วไป นอกจากนี้ ในทางพีชคณิต โปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ยังสามารถคำนวณเกี่ยวกับตัวแปร การแยกตัวประกอบ การแก้สมการ หรือในเรื่องแคลคูลัส เช่น การหาอนุพันธ์ และการหาปริพันธ์ เป็นต้น รวมไปถึงการกำหนดและการเขียนกราฟของฟังก์ชันอีกด้วย

จุดเด่นของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน มีดังนี้

1) จากคุณสมบัติของการผสมผสานระหว่างโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต และโปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ ทำให้โปรแกรมนี้มีความเหมาะสมต่อการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในสาระการวัดและเรขาคณิต และสาระจำนวนและพีชคณิต

2) เป็นโปรแกรมโอเพนซอร์ซ (Open source) กล่าวคือ เปิดให้ใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย จึงทำให้สามารถเข้าถึงได้ในทุกสถานศึกษา

3) สามารถเข้าถึงโปรแกรมผ่านเบราว์เซอร์บนอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต รวมไปถึงโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรม

4) มีชุมชนของครูผู้สอนและผู้ใช้งานทั่วโลกบนเว็บไซต์ https://www.geogebra.org ซึ่งบนเว็บไซต์นี้ครูผู้สอนหรือนักเรียนสามารถเลือกใช้งาน หรือดาวน์โหลดสื่อการเรียนรู้ที่ผู้ใช้ทั่วโลกได้สร้างและแลกเปลี่ยนบนเว็บไซต์

5) มีระบบ GeoGebra Classroom ซึ่งครูสามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละคาบเรียน แล้วดูร่องรอยการปฏิสัมพันธ์หรือการทำงานใน Applet ของนักเรียนแต่ละคนแบบเรียลไทม์และหลังจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียนแล้วได้

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า บทบาทของโปรแกรม GeoGebra สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีได้ หากครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

2.1.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เป็นแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธิปัญญานิยม (Cognitivism) ของเพียเจต์ (Piaget) และวีกอตสกี (Vygotsky) ซึ่งมีแนวคิดพื้นฐานคือ ให้ความสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับการปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้าภายนอก เช่น สื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ กับสิ่งเร้าภายใน เช่น ความรู้ความเข้าใจ หรือกระบวนการคิดของนักเรียน เป็นต้น ซึ่งแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์มีหลักการที่สำคัญโดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1) มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้โดยการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมในชั้นเรียน เช่น การอภิปรายหรือการทำงานกับเพื่อน สื่อการเรียนรู้ หรือกิจกรรมต่าง ๆ เป็นต้น

2) อาศัยความรู้พื้นฐานเดิมกับการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของความรู้

3) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมทางสังคมหรือการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างครูกับการเรียนรู้ของนักเรียน

กระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ มีคุณค่าต่อการจัดการเรียนการสอนดังนี้

1) สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียน เพราะเป็นการให้ความสำคัญกับการปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน และสร้างความภาคภูมิใจเมื่อนักเรียนสามารถบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

2) ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดอย่างมีเหตุผล เพราะนักเรียนจะต้องใช้การเชื่อมโยงระหว่างโครงสร้างทางปัญญาเดิม กับสิ่งเร้าภายนอกใหม่ที่ได้พบและแตกต่างจากโครงสร้างเดิม ก่อให้เกิดความเสียสมดุลทางปัญญา หรือความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนหาหนทางปรับสมดุลทางปัญญานั้นผ่านการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับสิ่งใหม่ โดยอาจผ่านกระบวนการสืบค้นความรู้ สำรวจหรือลงมือทดลอง เป็นต้น จนนำไปสู่โครงสร้างทางความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ซึ่งทำให้กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์และมีความหมาย

3) ส่งเสริมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เนื่องจากบรรยากาศชั้นเรียน หรือสภาพแวดล้อมแห่งการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์นี้ จะเปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้เป็นรายบุคคลหรือเรียนรู้แบบร่วมมืออย่างมีความหมายจากแหล่งเรียนรู้ที่เป็นสิ่งเร้าภายนอกที่กระตุ้น โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ปฏิสัมพันธ์อย่างอิสระ หรือ อย่างมีทิศทางที่หลากหลาย เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้

4) สนับสนุนการเสาะแสวงหาความรู้ของนักเรียน ผ่านกระบวนการสืบค้นแก้ปัญหา เพื่อหาคำตอบหรือแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ข้อควรคำนึงถึงการนำแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนมีดังนี้

1) ควรกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ชัดเจน

2) ในการจัดการเรียนการสอน ควรเริ่มจากการทบทวน ตรวจสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียน เนื่องจากความรู้พื้นฐานเป็นเครื่องมือที่สำคัญภายในตัวของนักเรียนที่จะนำมาใช้ในการเรียนรู้

3) จัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถเกิดกระบวนการเรียนรู้และสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง มีขั้นตอนหรือคำชี้แจงการทำกิจกรรมที่ชัดเจน และสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ นอกจากนี้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ควรเหมาะสมกับระดับชั้นและความรู้พื้นฐานของผู้เรียน

4) บทบาทของครูในชั้นเรียนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จะอยู่ในฐานะผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (Facilitator) สร้างบรรยากาศที่ดีในชั้นเรียน มีการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดอันนำไปสู่มโนทัศน์ที่สำคัญของบทเรียน และให้เวลากับนักเรียนในการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งเร้าต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างเหมาะสม

2.1.3 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ มีการออกแบบในลักษณะดังต่อไปนี้

1) นำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra มาออกแบบให้มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ ซึ่งทำให้โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทต่อการเรียนรู้ของนักเรียนที่แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ เช่น

- มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดภาพลักษณ์มโนทัศน์ จากการเรียนรู้ผ่านรูปภาพหรือการเคลื่อนไหวของอ็อบเจกต์ในโปรแกรม

- ออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้สำรวจภายใต้สภาพแวดล้อมเรขาคณิตพลวัต (Dynamic Geometry Environment) ซึ่งสามารถช่วยทำให้นักเรียนเห็นตัวอย่างว่าข้อความคาดการณ์เป็นจริงในหลายกรณีอย่างรวดเร็วและแม่นยำ

- มีการใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ ที่ทำให้เห็นตัวอย่างเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ของตัวแปรในฟังก์ชันที่หลากหลาย

เป็นต้น

2) มีขั้นตอนการทำกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และมีความชัดเจน

3) มีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจจนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้

2.2 แนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

2.2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผล เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับคำ 2 คำต่อไปนี้ ได้แก่

1) การวัดผล (measurement) หมายถึง การวัดคุณลักษณะ (attribute) ของบุคคลจากผลการตอบคำถามในแบบทดสอบตามกฎเกณฑ์กำหนด เพื่อแสดงคุณค่าเชิงปริมาณหรือตัวเลขที่วัดได้การวัดผลนอกจากใช้แบบทดสอบแล้วยังรวมถึงการใช้เครื่องมืออื่นเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพด้วย เช่น การสังเกตพฤติกรรม การสัมภาษณ์ และการตรวจผลงานต่าง ๆ ที่กำหนดให้ผู้ถูกประเมินทำ เป็นต้น

2) การประเมินผล (evaluation) หมายถึง กระบวนการอย่างมีระบบที่นำข้อมูลจากการวัดผลมาตีค่าและตัดสินคุณค่าของผู้เรียน

องค์ประกอบในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ดีมีดังนี้

1) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการประเมินผลให้ชัดเจน

2) มีการสะท้อนผลกลับสู่นักเรียน

3) มีเกณฑ์การประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

4) เกณฑ์การประเมินผลมีความชัดเจน

2.2.2 บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

การนำบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สามารถทำได้ดังนี้

1) การใช้สคริปต์ของโปรแกรม GeoGebra ในการตั้งปัญหาแบบสุ่ม

2) การใช้สคริปต์ของโปรแกรม GeoGebra ในการแสดงการสะท้อนผลการทำงานของนักเรียน

3) การออกแบบกิจกรรมการวัดผลและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

4) การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

5) การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความชัดเจน

3. สื่อการเรียนรู้

3.1 โปรแกรม Zoom

3.2 สื่อนำเสนอ PowerPoint เรื่อง “แนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra”

3.3 กิจกรรมบน GeoGebra Classroom จำนวน 2 กิจกรรม ตามลิงก์ต่อไปนี้

1) https://www.geogebra.org/m/yqpup8ca

2) https://www.geogebra.org/m/qdvbt82b

3.4 ข้อคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้บนเว็บไซต์ Quizizz

4. กิจกรรมการเรียนการสอน

4.1 ขั้นนำ (10 นาที)

4.1.1 ผู้สอนเปิดห้อง Main Room ในโปรแกรม Zoom ก่อนเวลาเรียนจริงประมาณ 5 – 10 นาที เพื่อให้นิสิตครูเข้าเรียนเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนถึงเวลาเรียนจริง

4.1.2 ผู้สอนเปิดไฟล์นำเสนอ PowerPoint ในสไลด์หน้าที่ 1 – 2 เพื่อชี้แจงหัวข้อในการเรียนในคาบเรียนนี้ ซึ่งเป็นหัวข้อทฤษฎี แนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

4.2 ขั้นสอน (100 นาที)

4.2.1 ผู้สอนเปิดสไลด์ PowerPoint หน้าที่ 3 เพื่อให้นิสิตร่วมกันเสนอและอภิปรายปัญหาที่พบเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี

[ตัวอย่างประเด็นปัญหา เช่น

- ครูไม่มีความพร้อม หรือความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่เพียงพอ
- เวลาในการจัดการเรียนการสอนไม่เพียงพอ
- การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ไม่มีความสอดคล้องกับกระบวนการวัดผลของนักเรียน
- อุปกรณ์ไม่มีความพร้อม
- ไม่เห็นตัวอย่าง หรือแนวทางในการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในเรื่องต่าง ๆ

เป็นต้น]

4.2.2 ผู้สอนนำเสนอเกี่ยวกับสาเหตุและแนวทางการแก้ไขประเด็นปัญหาเบื้องต้น ในสไลด์ PowerPoint หน้าที่ 4 – 6 ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี กับความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา (TPACK)

4.2.3 ผู้สอนนำเสนอเกี่ยวกับคุณสมบัติของโปรแกรมคณิตศาสตร์พลวัตในสไลด์ PowerPoint หน้าที่ 7 – 15

4.2.4 ผู้สอนนำเสนอเกี่ยวกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ในสไลด์ PowerPoint หน้าที่ 16 – 27

4.2.5 เพื่อให้นิสิตครูเห็นแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนการสอนดังนี้

1) นิสิตครูเข้า GeoGebra Classroom ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/yqpup8ca ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบสื่อการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มีลักษณะแบบไม่เป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ (ไม่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์) และสื่อโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มีลักษณะแบบเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ ในเรื่องมุมที่จุดศูนย์กลาง

2) เมื่อนิสิตครูทำกิจกรรมในข้อ 1) เสร็จแล้ว ผู้สอนถามนิสิตครูว่าการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra แบบใด ที่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เพราะเหตุใด

[แนวคำตอบของนิสิตครู : แบบที่ 2 เนื่องจาก

1) สื่อมีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ นักเรียนได้สำรวจในโปรแกรม GeoGebra เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมที่จุดศูนย์กลาง กับมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

2) มีการอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรม และใช้ข้อคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้สำรวจจนสามารถนำไปสู่การสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีบทเกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางได้ด้วยตนเอง]

4.2.6 ผู้สอนสรุปประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ผ่านการนำเสนอในประเด็นต่าง ๆ ในสไลด์ PowerPoint หน้าที่ 28 - 30

4.2.7 ผู้สอนให้นิสิตครูตอบคำถามผ่านเว็บไซต์ Quizizz เพื่อตรวจสอบความรู้ของนิสิตครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

4.2.8 ผู้สอนนำเสนอประเด็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในสไลด์ PowerPoint หน้าที่ 31 – 36

4.2.9 เพื่อให้นิสิตครูเห็นแนวทางในการนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนการสอนดังนี้

1) ผู้สอนนำเสนอเกี่ยวกับประเด็นการใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างโจทย์แบบสุ่ม ในสไลด์ PowerPoint หน้าที่ 37

2) นิสิตครูเข้า GeoGebra Classroom ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/qdvbt82b ซึ่งเป็นตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง ความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยม

3) นิสิตครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ในประเด็น บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างโจทย์ และความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของวิธีการวัดผลและประเมินผล

[ตัวอย่างประเด็น เช่น

- โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการสร้างโจทย์ เนื่องจากมีการใช้สคริปต์เพื่อสุ่มโจทย์ ทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์คณิตศาสตร์ที่มีลักษณะที่แตกต่างกันได้อย่างหลากหลาย

- โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการสะท้อนผลการตอบคำถามของนักเรียนได้ในทันที รวมถึงมีการแสดงคะแนนซึ่งครูสามารถนำไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างง่าย

- วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุเงื่อนไขที่ทำให้รูปสามเหลี่ยมสองรูปเท่ากันทุกประการได้ เนื่องจากข้อคำถามใน Applet ข้างต้น เป็นการถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างรูปสามเหลี่ยมสองรูปว่าเท่ากันทุกประการหรือไม่ และเป็นความสัมพันธ์แบบใด

- วิธีการประเมินผลมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และมีความชัดเจน คือ ในแต่ละครั้งของการตอบคำถาม ถ้าเลือกคำตอบว่ารูปสามเหลี่ยมสองรูปที่กำหนดให้สัมพันธ์กันแบบใดถูกต้อง จะได้ 1 คะแนน แต่ถ้าเลือกคำตอบที่ไม่ถูกต้อง จะได้ 0 คะแนน]

4) ผู้สอนสรุปประเด็นที่ได้จากการอภิปรายตัวอย่างการออกแบบการวัดผลและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

4.2.10 ผู้สอนสรุปแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra โดยนำเสนอประเด็นต่าง ๆ ในสไลด์ PowerPoint หน้าที่ 38

4.2.11 ผู้สอนให้นิสิตครูตอบคำถามผ่านเว็บไซต์ Quizizz เพื่อตรวจสอบความรู้ของนิสิตครูเกี่ยวกับแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

4.3 ขั้นสรุป (10 นาที)

เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียนนี้ ผู้สอนใช้คำถามในการตรวจสอบความรู้ของนิสิตครูดังต่อไปนี้

1) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ มีลักษณะเป็นอย่างไร

[นิสิตครูควรตอบว่า :

(1) มีการนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra มาออกแบบให้มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ ซึ่งทำให้โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทต่อการเรียนรู้ของนักเรียนที่แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ เช่น

- มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดภาพลักษณ์มโนทัศน์ จากการเรียนรู้ผ่านรูปภาพ หรือการเคลื่อนไหวของอ็อบเจกต์ในโปรแกรม

- ออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้สำรวจภายใต้สภาพแวดล้อมเรขาคณิตพลวัต ซึ่งสามารถช่วยทำให้นักเรียนเห็นตัวอย่างว่าข้อความคาดการณ์เป็นจริงในหลายกรณีอย่างรวดเร็วและแม่นยำ

- มีการใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ ที่ทำให้เห็นตัวอย่างเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ของตัวแปรในฟังก์ชันที่หลากหลาย เป็นต้น

(2) มีขั้นตอนการทำกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และมีความชัดเจน

(3) มีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจจนบรรลุจุดประสงค์ของการเรียนรู้]

2) นิสิตครูสามารถทำให้โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างไรบ้าง

[นิสิตครูควรตอบว่า :

(1) ใช้สคริปต์ของโปรแกรม GeoGebra ในการสุ่มโจทย์ที่หลากหลาย

(2) ใช้สคริปต์ของโปรแกรม GeoGebra ในการแสดงการสะท้อนผลการทำงานของนักเรียน

(3) ออกแบบกิจกรรมการวัดผลและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

(4) ออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

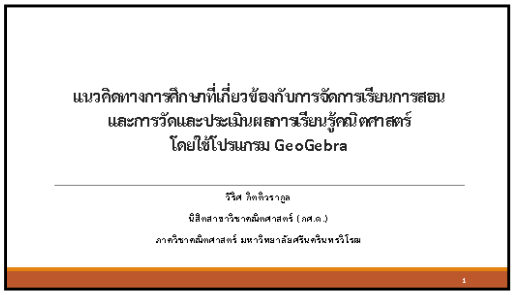
(5) ออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความชัดเจน]

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

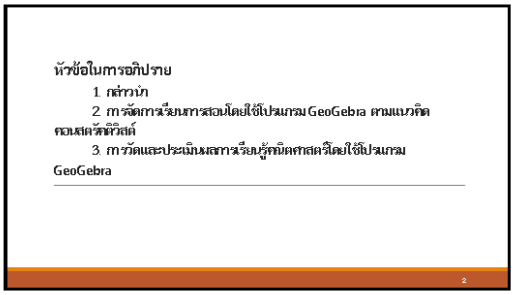
การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ในคาบเรียนนี้มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	**การวัดผล**	**การประเมินผล**
1. ระบุแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์	**<u>วิธีวัดผล</u>** : พิจารณาจากการตอบคำถามตรวจสอบความรู้บนเว็บไซต์ Quizizz จำนวน 5 ข้อ **<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนนการตอบคำถามตรวจสอบความรู้บนเว็บไซต์ Quizizz	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : ในแต่ละข้อคำถาม - ถ้านิสิตครูตอบคำถามถูกต้อง จะได้ 1 คะแนน - ถ้านิสิตครูตอบคำถามไม่ถูกต้อง หรือไม่ได้ตอบ จะได้ 0 คะแนน **<u>เกณฑ์การประเมินผล</u>** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 3 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน
2. ระบุแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra	**<u>วิธีวัดผล</u>** : พิจารณาจากการตอบคำถามตรวจสอบความรู้บนเว็บไซต์ Quizizz จำนวน 5 ข้อ **<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนนการตอบคำถามตรวจสอบความรู้บนเว็บไซต์ Quizizz	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : ในแต่ละข้อคำถาม - ถ้านิสิตครูตอบคำถามถูกต้อง จะได้ 1 คะแนน - ถ้านิสิตครูตอบคำถามไม่ถูกต้อง หรือไม่ได้ตอบ จะได้ 0 คะแนน **<u>เกณฑ์การประเมินผล</u>** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 3 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน

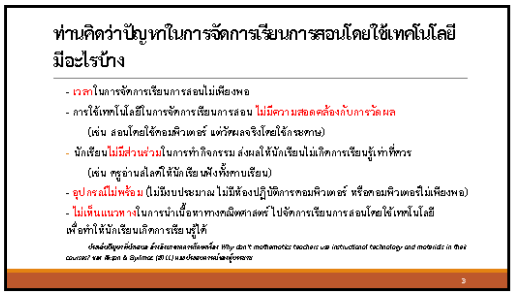
สื่อนำเสนอ PowerPoint เรื่อง
“แนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra”



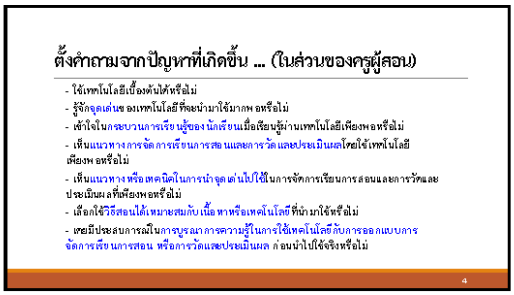
1



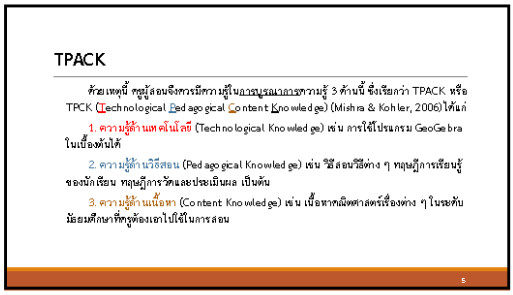
2



3



4



5

6

2. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

2.1 คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

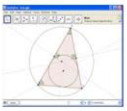
2.3 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

7

7

2.1 คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรม**คณิตศาสตร์พลวัต** (Dynamic Mathematics Software: DMS) ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างคุณสมบัติของ**โปรแกรมเรขาคณิตพลวัต** (Dynamic Geometry Software: DGS) และ**โปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์** (Computer Algebra System: CAS) (M. Hohenwarter & Lavicza, 2009) ซึ่งคุณสมบัติของแต่ละโปรแกรมเป็นดังต่อไปนี้



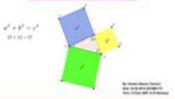
8

8

2.1 คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

1. โปรแกรมเรขาคณิตพลวัต เป็นโปรแกรมสื่อปฏิสัมพันธ์ที่เกี่ยวกับการสร้างวัตถุทางเรขาคณิตที่มีลักษณะพิเศษคือ เมื่อผู้ใช้สร้างวัตถุทางเรขาคณิต เช่น จุด เส้น และวงกลม เป็นต้น วัตถุทางเรขาคณิตเหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันจากการสร้าง และเมื่อผู้ใช้โปรแกรมทำการเคลื่อนย้ายวัตถุใดวัตถุหนึ่ง วัตถุอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับวัตถุนั้นจะยังคง**รักษาสมบัติทางเรขาคณิตที่ได้จากการสร้างเสมอ** (Bantchev, 2010; Mignini, 2001)

Pythagoras Theorem



9

9

2.1 คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

2. โปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ เป็นโปรแกรมที่ผู้ใช้สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตได้อย่างแม่นยำ กล่าวคือ สามารถดำเนินการโดย**แสดงผลในรูปของ เศษส่วน และจำนวนอตรรกยะ** โดยไม่มีการประมาณค่าในทุกขั้นตอนการคำนวณเป็นทศนิยมเหมือนเครื่องคำนวณทั่วไป

นอกจากนี้ ในทางพีชคณิต โปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ยังสามารถคำนวณเกี่ยวกับ**ตัวแปร การแยกตัวประกอบ การแก้สมการ เลือใมเรื่องแคลคูลัส** เช่น การหาอนุพันธ์ และการหาปริพันธ์ เป็นต้น รวมไปถึง**การทำนายและการเขียนกราฟของฟังก์ชัน**อีกด้วย (Jurkovic, 2001; Monaghan, Sun, & Tall, 1994)

10

10

2.1 คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

วิเคราะห์คุณลักษณะของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

1. จากคุณสมบัติของการผสมผสานระหว่างโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต และโปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ ทำให้โปรแกรมนี้มีความ**เหมาะสมต่อการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ทั้งในสาระการวัดและเรขาคณิต และสาระจำนวนและพีชคณิต**

2. เป็นโปรแกรม**โอเพนซอร์ซ** (Open source) กล่าวคือ เปิดให้ใช้งานได้โดย**ไม่เสียค่าใช้จ่าย** จึงทำให้สามารถเข้าถึงได้ในทุกสถานศึกษา

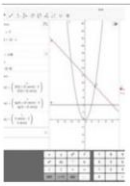
3. สามารถ**เข้าถึงโปรแกรมผ่านเบราว์เซอร์**บนอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต รวมไปถึง**โทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน** โดย**ไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรม**

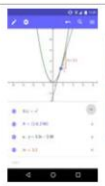
11

11

2.1 คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

ตัวอย่างหน้าต่างของโปรแกรม GeoGebra บนอุปกรณ์ต่าง ๆ





12

12

2.1 คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

วิเคราะห์จุดเด่นของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน (ต่อ)

4. มี**ชุมชนของครูผู้สอนและผู้ใช้งานทั่วโลก**บนเว็บไซต์ https://www.geogebra.org ซึ่งบนเว็บไซต์นี้ครูผู้สอนหรือนักเรียนสามารถเลือกใช้งาน หรือดาวน์โหลดสื่อการเรียนรู้ที่ผู้ใช้ทั่วโลกได้สร้างและแลกเปลี่ยนบนเว็บไซต์

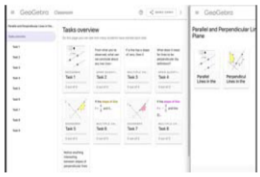
5. มีระบบ **GeoGebra Classroom** ซึ่งครูสามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละคาบเรียน แล้วดู**ร่องรอยการปฏิสัมพันธ์**หรือการทำงานใน Applet ของนักเรียนแต่ละคนแบบเรียลไทม์และหลังจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียนแล้วได้

13

13

2.1 คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

ตัวอย่างหน้าต่าง GeoGebra Classroom ที่ครูผู้สอนสามารถพิจารณาการทำงานของนักเรียน



14

14

2.1 คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

สรุป

จากการวิเคราะห์จุดเด่นของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน จะพบว่าบทบาทของโปรแกรม GeoGebra สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีได้ หากครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

15

15

2. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

2.1 คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการจัดการเรียนการสอน

2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

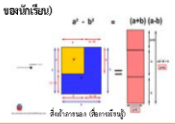
2.3 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

16

16

2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เป็นแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่ม**พุทธิปัญญานิยม** (Cognitivism) ของเพียเจต์ (Piaget) และวีกอตสกี (Vygotsky) (อนุชา โสมานุตร, 2561) ซึ่งมีแนวคิดพื้นฐานคือ ให้ความสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับการ**ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมภายนอก (สื่อการสอน ๆ) กับสิ่งแวดล้อมภายใน (ความรู้ความเข้าใจ หรือกระบวนการคิดของนักเรียน)**



สิ่งแวดล้อมภายนอก (สื่อการสอน ๆ)

สิ่งแวดล้อมภายใน (ความรู้ / กระบวนการคิดของนักเรียน)

17

17

2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

จากแนวคิดที่เป็นรากฐานของคอนสตรัคติวิสต์ ทำให้มีผู้ให้ความหมายของ "**คอนสตรัคติวิสต์**" (Constructivist) ไว้ดังนี้

วูลฟอล์ก (Woolfolk, 1993: 587) กล่าวว่า คอนสตรัคติวิสต์ เป็นแนวคิดที่เป็นเกี่ยวกับการกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน**โดยใช้ประสาทสัมผัสในการรับรู้ข้อมูล**

ครอกซ์ (Krogh, 1994: 556) กล่าวว่า คอนสตรัคติวิสต์ เป็นปรัชญาเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนโดยผ่าน**การสร้างความรู้ด้วยตัวของนักเรียนเอง**

กุลยา ตันติผลาชีวะ (2551) กล่าวว่า แนวคิดการสร้างความรู้ใหม่ หรือ คอนสตรัคติวิซึม (Constructivism) เป็นกลุ่มแนวคิดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ที่เน้นการซึมซับ และเข้าใจแล้วสร้างเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง **จากกิจกรรมหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ได้รับ**

18

18

2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

จากแนวคิดที่เป็นรากฐานของคอนสตรัคติวิสต์ ทำให้มีผู้ให้ความหมายของ "คอนสตรัคติวิสต์" (Constructivist) ไว้ดังนี้

วูลฟอล์ก (Woolfolk. 1993: 587) กล่าวว่า คอนสตรัคติวิสต์ เป็นแนวคิดที่เน้นเกี่ยวกับการกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนโดยให้ประสาทสัมผัสในการรับรู้ข้อมูล

ครอฟ (Krogh. 1994: 556) กล่าวว่า คอนสตรัคติวิสต์ เป็นปรัชญาเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนโดยผ่านการสร้างความรู้ด้วยตัวของนักเรียนเอง

กุลยา ตันติผลาชีวะ (2551) กล่าวว่า แนวคิดการสร้างความรู้ในตน หรือ คอนสตรัคติวิซึม (Constructivism) เป็นกลุ่มแนวคิดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ที่เน้นการซึมซับ และเข้าใจแล้วสร้างเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากกิจกรรมหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ได้รับ

19

2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

โดยสรุป แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เป็นแนวคิดที่มีรากฐานมาจากจิตวิทยากลุ่มพุทธิปัญญานิยม (Cognitivism) ของวีก็อตสกี (Vygotsky) โดยที่เน้นให้

1. นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้โดยการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมหรือสถานการณ์ต่าง ๆ
2. อาศัยความรู้พื้นฐานเดิมกับการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของความรู้ความเชื่อ
3. นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมทางสังคมหรือการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างครูกับการเรียนรู้ของนักเรียน

20

2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

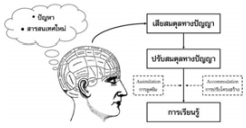
กระบวนการเรียนรู้ทางแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ มีกุญแจต่อการจัดการการเรียนการสอนดังนี้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2548)

1. สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียน เพราะเป็นการให้ความสำคัญกับการปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน และสร้างความภาคภูมิใจเมื่อนักเรียนสามารถบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

2. ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดอย่างมีเหตุผล เพราะนักเรียนจะต้องใช้การเชื่อมโยงระหว่างโครงสร้างทางปัญญาเดิม กับสิ่งเร้าภายนอกใหม่ที่ได้พบและแตกต่างจากโครงสร้างเดิม ก่อให้เกิดความเสียสมดุลทางปัญญา (ความขัดแย้งทางความรู้อย่างใดอย่างหนึ่ง) ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนหาแนวทางปรับสมดุลทางปัญญานั้นผ่านการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิม สิ่งใหม่ (โดยการเรียกค้นความรู้ ลงมือทดลอง ฯลฯ) จนนำไปสู่โครงสร้างทางความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ซึ่งทำให้กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์และมีความหมาย

21

2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์



ภาพประกอบ กระบวนการเรียนรู้ตาม มโนทัศน์ของสตรัคติวิสต์ (อนุชา โสมาบุตร, 2561)

22

2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

3. ส่งเสริมการเรียนที่หลากหลาย เนื่องจากบรรยากาศชั้นเรียน หรือสภาพแวดล้อมแห่งการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์นี้ จะเปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้เป็นรายบุคคลหรือเรียนรู้แบบร่วมมือ อย่างมีความหมายจากแหล่งเรียนรู้ที่เป็นสิ่งเร้าภายนอกที่เหมาะสม โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ปฏิสัมพันธ์อย่างอิสระ หรือ อย่างมีทิศทางที่หลากหลาย เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้

4. สนับสนุนการสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน ผ่านกระบวนการถามหาความรู้ของนักเรียน ผ่านกระบวนการสืบค้น แก้ปัญหา เพื่อหาคำตอบหรือแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

23

2.2 แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

ข้อควรคำนึงถึงการนำแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน มีดังนี้ (Troutmant & Lichtenberg, 1995; Akar & Yildirim, 2006)

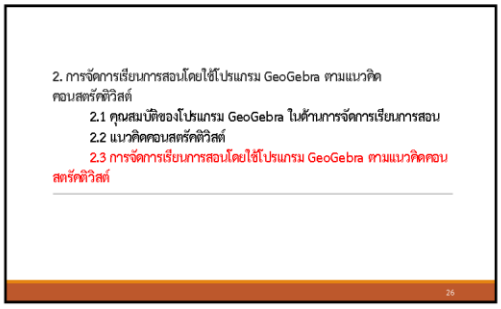
1. ควรกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ชัดเจน

2. ในการจัดการเรียนการสอน ควรเริ่มจากการทบทวน ตรวจสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียน เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่สำคัญยิ่งในตัวของนักเรียนจะนำมาใช้ในการเรียนรู้

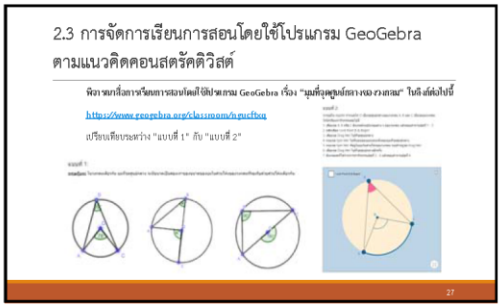
3. จัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถคิดกระบวนการเรียนรู้ และสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง มีปัญหาอุปสรรคหรือคำถามให้นักเรียนได้ขบคิด และสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ นอกจากนี้การทำงานและลักษณะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ควรเหมาะสมกับระดับชั้นและความรู้พื้นฐานของผู้เรียน

24

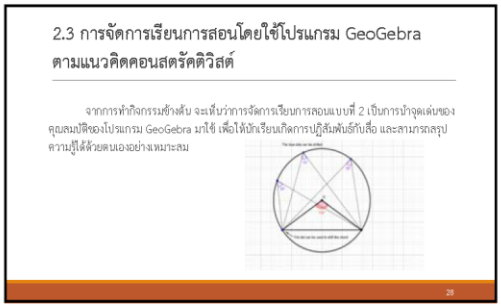
25



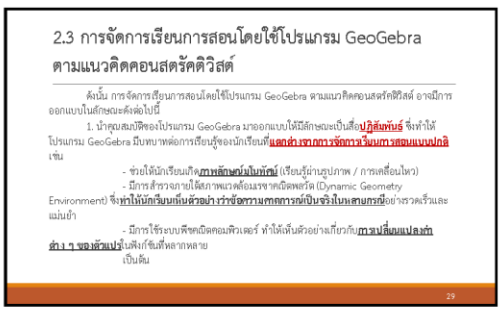
26



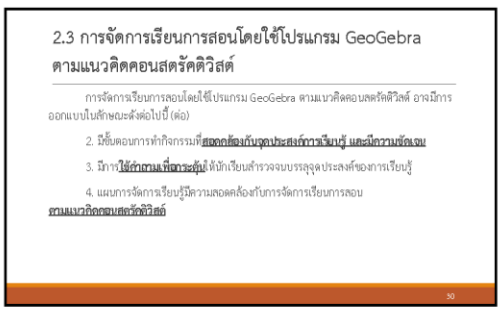
27



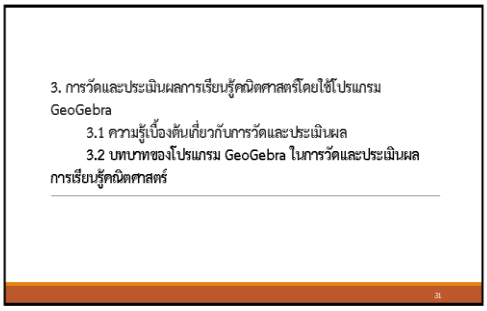
28



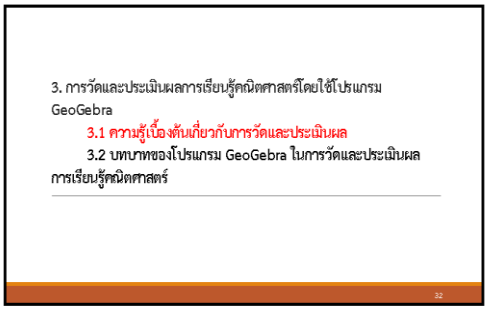
29



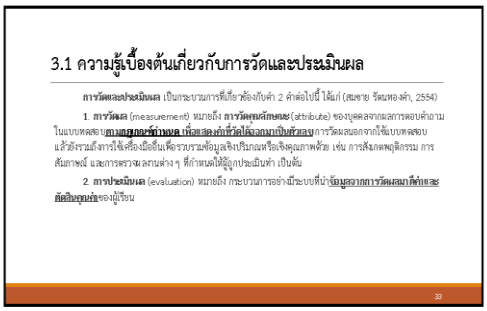
30



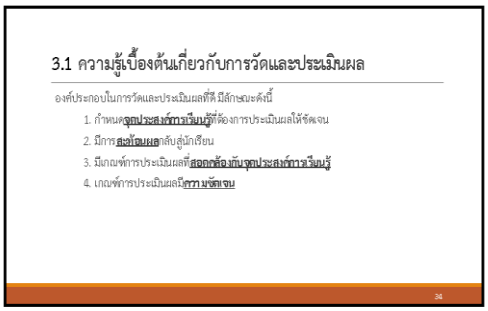
31



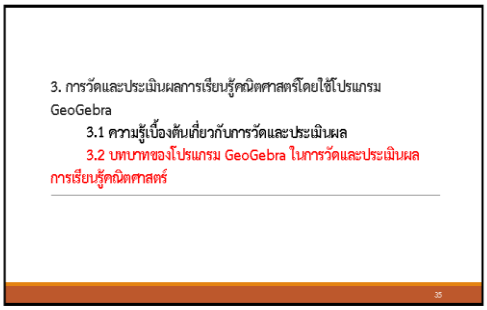
32



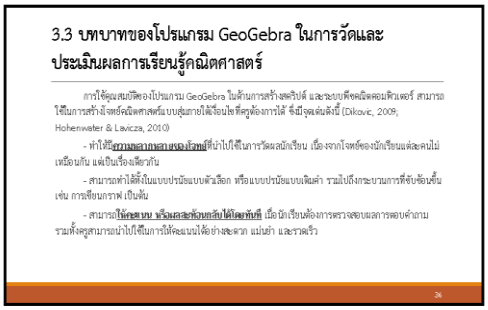
33



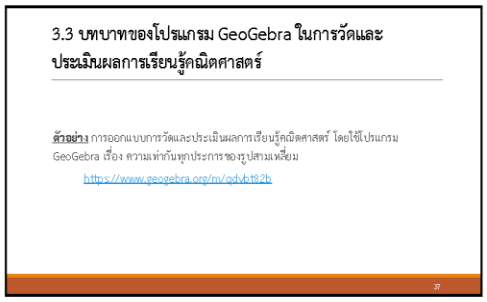
34



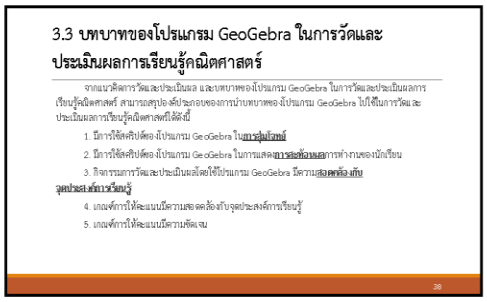
35



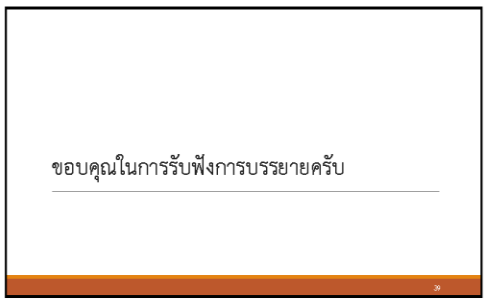
36


3.3 บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
ตัวอย่าง การออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง ความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยม
https://www.geogebra.org/m/qdvbt92b
37

37


3.3 บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
จากแนวคิดการวัดและประเมินผล และบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สามารถสรุปองค์ประกอบของการนำบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดังนี้
1. มีการใช้สคริปต์ของโปรแกรม GeoGebra ในการปฏิบัติงาน
2. มีการใช้สคริปต์ของโปรแกรม GeoGebra ในการแสดงการตอบสนองการทำงานของนักเรียน
3. กิจกรรมการวัดและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
4. เกณฑ์การให้คะแนนมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
5. เกณฑ์การให้คะแนนมีความชัดเจน
38

38


ขอบคุณในการรับฟังการบรรยายครับ
39

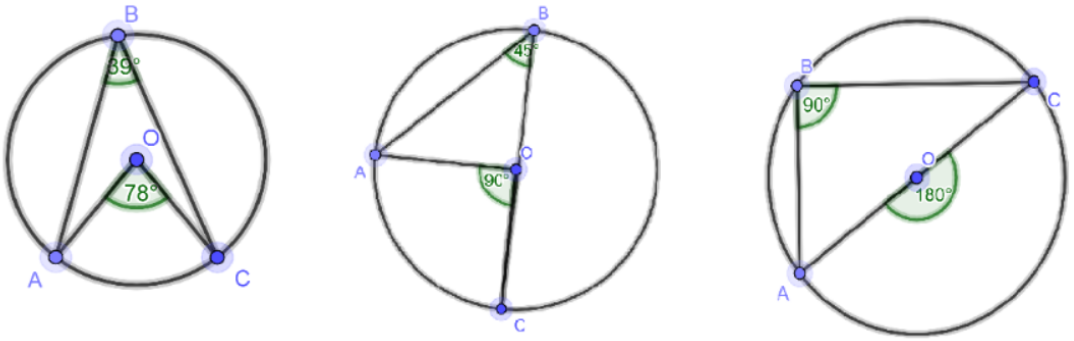
39

เฉลย กิจกรรมบน GeoGebra Classroom **ลิงก์** https://www.geogebra.org/m/yqpup8ca

ตัวอย่างสื่อการเรียนการสอน เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลาง

แบบที่ 1:

<u>ทฤษฎีบท:</u> ในวงกลมเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลาง จะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน



จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. กำหนดให้ O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม A, B และ C เป็นจุดบนวงกลม ถ้า $\angle AOC = 60^\circ$ แล้ว $\angle ABC$ มีขนาดกี่องศา

- [ ] 30
- [ ] 60
- [ ] 90
- [x] 120

จงตอบคำถามต่อไปนี้

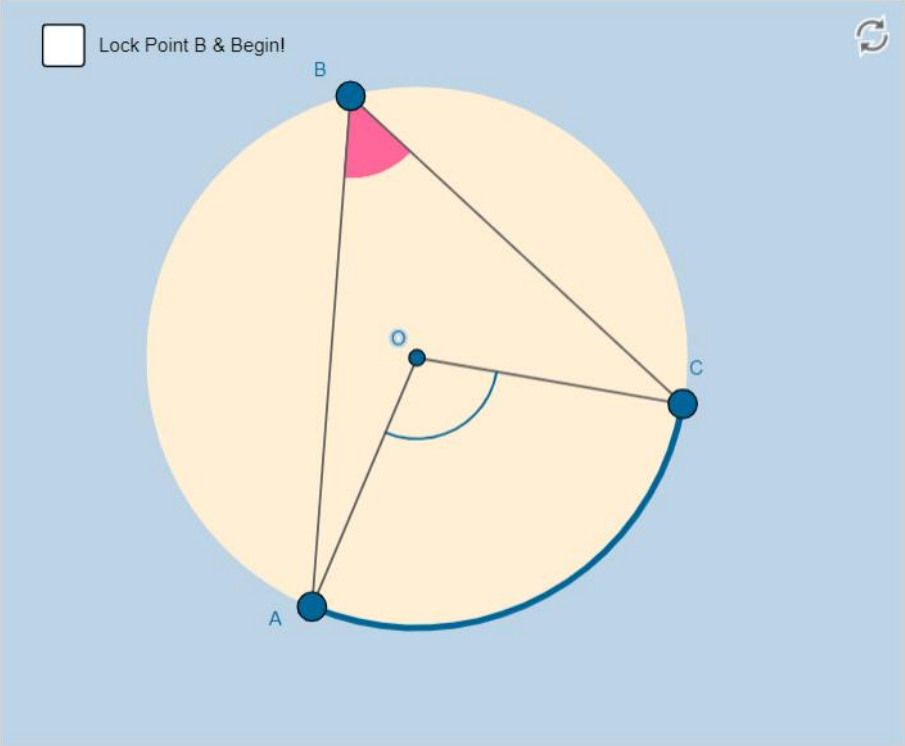
2. กำหนดให้ O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม A, B และ C เป็นจุดบนวงกลม ถ้า $\angle ABC = 60^\circ$ แล้ว $\angle AOC$ มีขนาดกี่องศา

- [x] 30
- [ ] 60
- [ ] 90
- [ ] 120

แบบที่ 2:

จากรูปใน Applet กำหนดให้ O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม A, B และ C เป็นจุดบนวงกลม ให้นักเรียนทำกิจกรรมต่อไปนี้

1. เลื่อนจุด A. B หรือ C สังเกตส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงกลม แล้วตอบคำถามข้อที่ 1 - 3
2. คลิกเลือก Lock Point B & Begin!
3. เลื่อนจุด Drag Me! ไปที่จุดศูนย์กลาง
4. หมุนจุด Spin Me! ไปที่แขนของมุมแขนหนึ่งของมุมที่จุดศูนย์กลาง
5. หมุนจุด Spin Me! ที่อยู่ในมุมในส่วนโค้งของวงกลม จนปรากฏจุด Drag Me!
6. เลื่อนจุด Drag Me! ไปที่จุดศูนย์กลางอีกครั้ง
7. สังเกตผลที่ได้จากการทำกิจกรรมข้อที่ 2 - 6 แล้วตอบคำถามข้อที่ 4



จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ข้อใดคือมุมที่จุดศูนย์กลาง

- [x] $\angle AOC$
- [ ] $\angle ABC$

จงตอบคำถามต่อไปนี้

2. ข้อใดคือมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้ง AC

- ☐ $\angle AOC$
- ☑ $\angle ABC$

จงตอบคำถามต่อไปนี้

3. มุมในข้อ 1 และข้อ 2 มีองค์ประกอบใดที่เหมือนกัน

อยู่ในวงกลมเดียวกัน และรองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน คือส่วนโค้ง AC

จงตอบคำถามต่อไปนี้

4. ผลที่ได้จากการทำกิจกรรม สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างมุมที่จุดศูนย์กลาง และมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่สอดคล้องกับผลการตอบคำถามในข้อที่ 3 ได้ว่าอย่างไร

ในวงกลมเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

DISCUSSION:

ท่านคิดว่าการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra แบบใด ที่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เพราะเหตุใด

<u>แนวคำตอบ :</u>
แบบที่ 2 เนื่องจาก
1) สื่อมีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ กล่าวคือนักเรียนได้สำรวจในโปรแกรม GeoGebra เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมที่จุดศูนย์กลางกับมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน
2) มีการอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรม
และใช้ข้อคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้สำรวจจนสามารถนำไปสู่การสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีบทเกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางได้ด้วยตนเอง

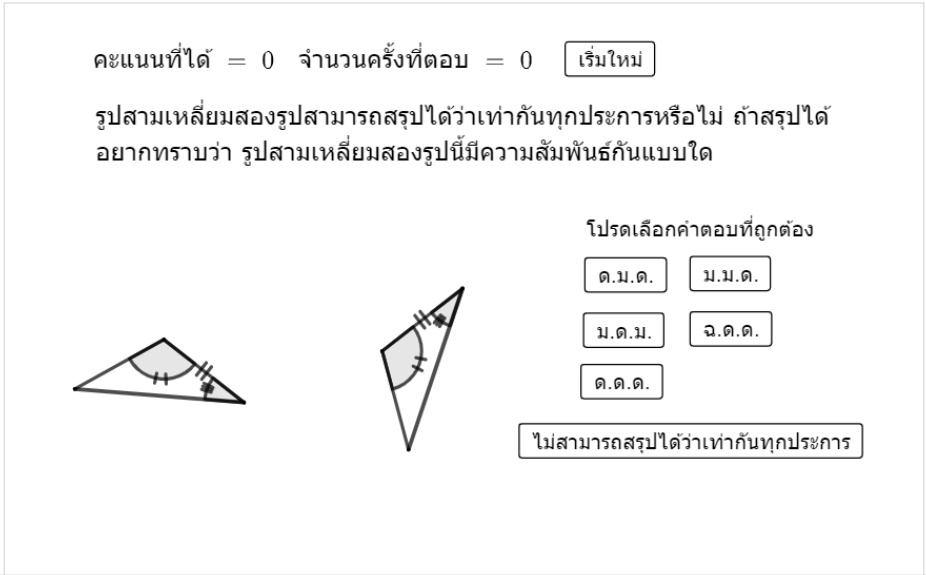
เฉลย กิจกรรมบน GeoGebra Classroom **ลิงก์** https://www.geogebra.org/m/qdvbt82b

ตัวอย่างการวัดผลและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

ความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยม

จุดประสงค์การเรียนรู้:
เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุเงื่อนไขที่ทำให้รูปสามเหลี่ยมสองรูปเท่ากันทุกประการได้

ขั้นตอนการทำกิจกรรม:
1. ให้คลิกปุ่ม "เริ่มใหม่" เมื่อเริ่มทำแบบทดสอบ หรือ ต้องการนับคะแนนใหม่
2. ให้พิจารณาว่า รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่กำหนดให้ สามารถสรุปได้ว่าเท่ากันทุกประการหรือไม่ ถ้าสรุปได้ อยากทราบว่า รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่กำหนด มีความสัมพันธ์กันแบบใด
3. เมื่อเลือกคำตอบแล้ว จะแสดงผลการตอบคำถาม หากตอบถูกต้องให้คลิกปุ่ม "สุ่มโจทย์" เพื่อเริ่มตอบคำถามใหม่ หากตอบไม่ถูกต้อง ให้พิจารณารูปที่กำหนดให้แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องอีกครั้ง



การวัดผล
ในแต่ละครั้งของการตอบคำถาม
- ถ้านักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง จะได้ 1 คะแนน
- ถ้านักเรียนเลือกคำตอบที่ไม่ถูกต้อง จะได้ 0 คะแนน

การประเมินผล
ถ้านักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องได้ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่า**ผ่าน**

DISCUSSION:

จากการทำกิจกรรม เรื่อง "ความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยม" ให้อภิปรายในประเด็นดังต่อไปนี้
1. บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการตั้งปัญหาหรือการแก้ปัญหา
2. ความสอดคล้องกับวิธีการวัดผลและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้

แนวคำตอบ
1.1 โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการตั้งปัญหาในข้อนี้ เนื่องจากมีการใช้สคริปต์เพื่อสุ่มปัญหา ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่มีลักษณะที่แตกต่างกันได้อย่างหลากหลาย
1.2 โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการสะท้อนผลการตอบคำถามของนักเรียนได้ในทันที รวมถึงมีการแสดงคะแนนซึ่งครูสามารถนำไปใช้ในการวัดผลและประเมินผลได้อย่างง่าย
2.1 วิธีการวัดผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุเงื่อนไขที่ทำให้รูปสามเหลี่ยมสองรูปเท่ากันทุกประการได้ เนื่องจากข้อคำถามใน Applet ข้างต้น เป็นการถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างรูปสามเหลี่ยมสองรูปว่าเท่ากันทุกประการหรือไม่ และเป็นความสัมพันธ์แบบใด
2.2 วิธีการประเมินผลมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ ในแต่ละครั้งของการตอบคำถาม ถ้าเลือกคำตอบถูกต้องได้ 1 คะแนน และถ้าเลือกคำตอบที่ไม่ถูกต้อง จะได้ 0 คะแนน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11

หัวข้อ : การอภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและ
ตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
เวลา : 2 ชั่วโมง

---

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นิสิตครูสามารถ

1.1 อธิบายลักษณะและยกตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้

1.2 อธิบายลักษณะและยกตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้

2. สาระการเรียนรู้

2.1 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

การออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ มีลักษณะดังต่อไปนี้

1) นำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra มาออกแบบให้มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ ซึ่งทำให้โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทต่อการเรียนรู้ของนักเรียนที่แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ เช่น

- มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดภาพลักษณ์มโนทัศน์ จากการเรียนรู้ผ่านรูปภาพ หรือการเคลื่อนไหวของอ็อบเจกต์ในโปรแกรม

- ออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้สำรวจภายใต้สภาพแวดล้อมเรขาคณิตพลวัต (Dynamic Geometry Environment) ซึ่งสามารถช่วยทำให้นักเรียนเห็นตัวอย่างว่าข้อความคาดการณ์เป็นจริงในหลายกรณีอย่างรวดเร็วและแม่นยำ

- มีการใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ ที่ทำให้เห็นตัวอย่างเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ของตัวแปรในฟังก์ชันที่หลากหลาย

เป็นต้น

2) มีขั้นตอนการทำกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และมีความชัดเจน

3) มีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจจนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้

2.2 บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

การนำบทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สามารถทำได้ดังนี้

1) การใช้สคริปต์ของโปรแกรม GeoGebra ในการตั้งปัญหาแบบสุ่ม

2) การใช้สคริปต์ของโปรแกรม GeoGebra ในการแสดงการสะท้อนผลการทำงานของนักเรียน

3) การออกแบบกิจกรรมการวัดผลและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

4) การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

5) การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความชัดเจน

3. สื่อการเรียนรู้

3.1 กิจกรรมบน geogebra.org จำนวน 2 กิจกรรม (รวมจำนวนตัวอย่างชิ้นงาน จำนวน 4 ชิ้นงาน) ตามลิงก์ต่อไปนี้

1) https://www.geogebra.org/m/bkywpbxn

2) https://www.geogebra.org/m/vqgkqmma

3.2 โปรแกรม Zoom

4. กิจกรรมการเรียนการสอน

4.1 ขั้นนำ (10 นาที)

4.1.1 ผู้สอนเปิดห้อง Main Room ในโปรแกรม Zoom ก่อนเวลาเรียนจริงประมาณ 5 - 10 นาที เพื่อให้นิสิตครูเข้าเรียนเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนถึงเวลาเรียนจริง

4.1.2 ผู้สอนให้นิสิตครูตอบคำถามบนเว็บไซต์ Quizizz พร้อมกับเฉลย เพื่อทบทวนเกี่ยวกับแนวคิดทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

4.1.3 ผู้สอนชี้แจงเกี่ยวกับหัวข้อที่จะได้เรียนรู้ในคาบเรียนนี้ ซึ่งเป็นการให้นิสิตครูได้อภิปรายตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

4.2 ขั้นสอน (100 นาที)

4.2.1 ผู้สอนสร้างห้อง Breakout Room จำนวน 6 ห้อง ในโปรแกรม Zoom

4.2.2 ผู้สอนชี้แจงกับนิสิตครูเกี่ยวกับการทำกิจกรรมกลุ่ม ซึ่งจะให้นิสิตครูแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะของตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส และเรื่อง มุมในครึ่งวงกลม ในประเด็น 1) ความสอดคล้องของการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra กับจุดประสงค์การเรียนรู้ และ 2) บทบาทของโปรแกรม GeoGebra กับการทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ตามลิงก์ https://www.geogebra.org/m/bkywpbxn และอภิปรายเกี่ยวกับตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง การเขียนกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง และการแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง ในประเด็น 1) บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน และ 2) ความสอดคล้องของวิธีการวัดและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ตามลิงก์ https://www.geogebra.org/m/vqgkqmma

4.2.3 ผู้สอนให้นิสิตครูเข้าห้อง Breakout Room เพื่อทำกิจกรรมอภิปรายตามกลุ่มที่แบ่งไว้ในข้อ 4.2.1 โดยขณะที่นิสิตครูร่วมกันอภิปราย ผู้สอนเข้าตาม Breakout Room แต่ละห้องเพื่อสังเกตการอภิปรายของนิสิตครู และตอบคำถามสำหรับนิสิตครูที่มีข้อสงสัย

4.2.4 ผู้สอนให้นิสิตครูทุกกลุ่มกลับเข้าห้อง Main Room ในโปรแกรม Zoom

4.2.5 ผู้สอนสุ่มนิสิตครูจำนวน 4 กลุ่ม เพื่อนำเสนอผลการทำกิจกรรมจากข้อที่ 4.2.3 โดยให้นำเสนอผลการอภิปรายในแต่ละประเด็น โดยที่ผู้สอนคอยช่วยสรุปประเด็นที่ได้จากการทำกิจกรรมให้ถูกต้อง และชัดเจนยิ่งขึ้น

4.3 ขั้นสรุป (10 นาที)

เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียนนี้ ผู้สอนใช้คำถามในการตรวจสอบความรู้ของนิสิตครูดังต่อไปนี้

1) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ มีลักษณะเป็นอย่างไร

[นิสิตครูควรตอบว่า :

(1) มีการนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra มาออกแบบให้มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ ซึ่งทำให้โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทต่อการเรียนรู้ของนักเรียนที่แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ เช่น

- มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดภาพลักษณ์มโนทัศน์ จากการเรียนรู้ผ่านรูปภาพ หรือการเคลื่อนไหวของอ็อบเจกต์ในโปรแกรม

- ออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้สำรวจภายใต้สภาพแวดล้อมเรขาคณิตพลวัต ซึ่งสามารถช่วยทำให้นักเรียนเห็นตัวอย่างว่าข้อความคาดการณ์เป็นจริงในหลายกรณีอย่างรวดเร็วและแม่นยำ

- มีการใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ ที่ทำให้เห็นตัวอย่างเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ของตัวแปรในฟังก์ชันที่หลากหลาย เป็นต้น

(2) มีขั้นตอนการทำกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และมีความชัดเจน

(3) มีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจจนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้]

2) นิสิตครูสามารถทำให้โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างไรบ้าง

[นิสิตครูควรตอบว่า :

(1) ใช้สคริปต์ของโปรแกรม GeoGebra ในการตั้งปัญหา

(2) ใช้สคริปต์ของโปรแกรม GeoGebra ในการแสดงการสะท้อนผลการทำงานของนักเรียน

(3) ออกแบบการวัดและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล

(4) ออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล

(5) ออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความชัดเจน]

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ในคาบเรียนนี้มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	**การวัดผล**	**การประเมินผล**
1. อธิบายลักษณะและยกตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้	**<u>วิธีวัดผล</u>** : พิจารณาจากการตอบคำถามบน GeoGebra Classroom ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/bkywpbxn **<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนนการทำกิจกรรมบน GeoGebra Classroom ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/bkywpbxn	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : ในแต่ละกิจกรรม (รวมทั้งหมด 2 กิจกรรม) พิจารณาการให้คะแนนในการตอบจากประเด็นต่อไปนี้ 1. การระบุความสอดคล้องของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra กับจุดประสงค์การเรียนรู้ - ถ้าคำตอบมีการกล่าวถึงความสอดคล้องของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra กับจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ <u>ครบถ้วน</u> และ <u>ชัดเจน</u> จะได้ 2 คะแนน - ถ้าคำตอบมีการกล่าวถึงความสอดคล้องของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra กับจุดประสงค์การเรียนรู้ได้<u>บางส่วน</u> จะได้ 1 คะแนน - ถ้าไม่มีการตอบในประเด็นนี้ หรือการตอบไม่สอดคล้องกับประเด็นดังกล่าว จะได้ 0 คะแนน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
		2. การระบุบทบาทของโปรแกรม GeoGebra กับการทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ - ถ้าคำตอบมีการกล่าวถึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra กับการทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ในด้านคุณสมบัติของโปรแกรม และการใช้คำถามกระตุ้น ได้สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จะได้ 4 คะแนน - ถ้าคำตอบมีการกล่าวถึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra กับการทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ในด้านคุณสมบัติของโปรแกรม หรือการใช้คำถามกระตุ้น อย่างใดอย่างหนึ่งได้สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จะได้ 3 คะแนน - ถ้าคำตอบมีการกล่าวถึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra กับการทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ในด้านคุณสมบัติของโปรแกรม และการใช้คำถามกระตุ้น ได้แต่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จะได้ 2 คะแนน - ถ้าคำตอบมีการกล่าวถึงบทบาทของโปรแกรม GeoGebra กับการทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ในด้านคุณสมบัติของโปรแกรม หรือการใช้คำถามกระตุ้น อย่างใดอย่างหนึ่ง และไม่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จะได้ 1 คะแนน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
		- ถ้าไม่มีการตอบในประเด็นนี้ หรือการตอบไม่สอดคล้องกับประเด็นดังกล่าว จะได้ 0 คะแนน **<u>เกณฑ์การประเมินผล</u>** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 8 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน
2. อธิบายลักษณะและยกตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้	**<u>วิธีวัดผล</u>** : พิจารณาจากการตอบคำถามบน GeoGebra Classroom ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/vqgkqmma **<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนนการทำกิจกรรมบน GeoGebra Classroom ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/vqgkqmma	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : ในแต่ละกิจกรรม (รวมทั้งหมด 2 กิจกรรม) พิจารณาจากการตอบคำถามในประเด็นต่อไปนี้ 1. มีการระบุเกี่ยวกับประเด็นของการใช้สคริปต์ในโปรแกรม GeoGebra ในการสุ่มโจทย์ปัญหา จะได้ 1 คะแนน 2. มีการระบุเกี่ยวกับประเด็นของการใช้สคริปต์ในโปรแกรม GeoGebra ในการสะท้อนผล จะได้ 1 คะแนน 3. มีการระบุเกี่ยวกับประเด็นของความสอดคล้องของกิจกรรมในโปรแกรม GeoGebra กับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล จะได้ 1 คะแนน 4. มีการระบุเกี่ยวกับประเด็นของความสอดคล้องและความชัดเจนของเกณฑ์การให้คะแนนกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จะได้ 1 คะแนน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
		<u>เกณฑ์การประเมินผล</u> : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 5 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน

เฉลย กิจกรรมบน GeoGebra Classroom

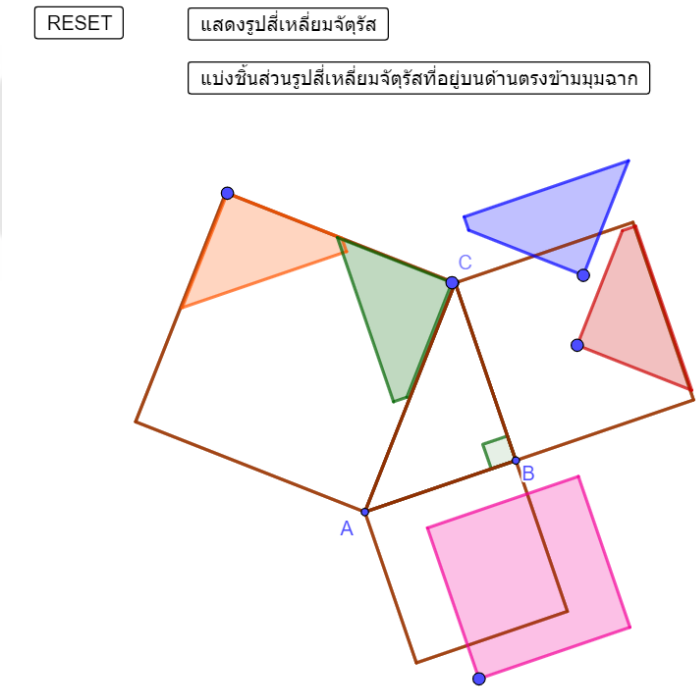
ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/bkywpbxn

1. ตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebrc

1. ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

จุดประสงค์การเรียนรู้
เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุทฤษฎีบทพีทาโกรัสได้

ขั้นตอนการทำกิจกรรม
กำหนดให้ ΔABC เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก โดยที่ $\angle ABC$ เป็นมุมฉาก
1) สำรวจโดยการเลื่อนจุดยอดมุมแต่ละจุดของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก จะพบว่า ΔABC เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่ปรับขนาดได้ เมื่อสำรวจเสร็จแล้ว ให้ตอบคำถามข้อ Q1.1
2) คลิกปุ่ม แสดงรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เพื่อแสดงรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนแต่ละด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก
3) คลิกปุ่ม แบ่งชิ้นส่วนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่อยู่บนด้านตรงข้ามมุมฉาก เพื่อแสดงการแบ่งชิ้นส่วนของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่อยู่บนด้านตรงข้ามมุมฉากออกเป็น 5 ชิ้น
4) ให้คลิกจุดสีน้ำเงินของแต่ละชิ้นส่วน เพื่อเลื่อนชิ้นส่วนไปยังตำแหน่งต่าง ๆ จากนั้นให้ตรวจสอบว่า สามารถเลื่อนชิ้นส่วนทั้ง 5 ชิ้น ไปบรรจุบนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสอีก 2 รูปที่เหลือ ได้หรือไม่ แล้วตอบคำถาม Q1.2 - Q1.5



Q1.1: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

ด้านตรงข้ามของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ABC คือข้อใด

- ☐ $\overline{AB}$
- ☐ $\overline{BC}$
- ☑ $\overline{AC}$

Q1.2: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

ท่านสามารถเลื่อนชิ้นส่วนทั้ง 5 ชิ้นที่อยู่ในรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่อยู่บนด้านตรงข้ามมุมฉาก ไปบรรจุบนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่อยู่บนด้านประกอบมุมฉาก 2 รูป ได้หรือไม่

- ☑ ได้
- ☐ ไม่ได้

Q1.3: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่อยู่บนด้านตรงข้ามมุมฉากมีพื้นที่เท่ากับเท่าใด

- ☐ AB^2 ตารางหน่วย
- ☑ AC^2 ตารางหน่วย
- ☐ BC^2 ตารางหน่วย

Q1.4: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่อยู่บนด้านประกอบมุมฉากแต่ละรูปมีพื้นที่เท่ากับข้อใด

- ☐ AB^2 ตารางหน่วย และ AC^2 ตารางหน่วย
- ☑ AB^2 ตารางหน่วย และ BC^2 ตารางหน่วย
- ☐ AC^2 ตารางหน่วย และ BC^2 ตารางหน่วย

Q1.5: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จาก Q1.2 - Q1.4 สามารถสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่อยู่บนด้านตรงข้ามมุมฉาก และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่อยู่บนด้านประกอบมุมฉากว่าอย่างไร

$AC^2 = AB^2 + BC^2$ กล่าวคือ ในสามเหลี่ยมมุมฉากใด ๆ พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านเป็นด้านตรงข้ามมุมฉากเท่ากับผลรวมของพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านเป็นด้านประกอบมุมฉากของสามเหลี่ยมมุมฉากนั้น

DISCUSSION 1:

จากการทำกิจกรรมที่ 1. ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ให้อภิปรายในประเด็นดังต่อไปนี้
1. ความสอดคล้องของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ GeoGebra กับจุดประสงค์การเรียนรู้
2. บทบาทของโปรแกรม GeoGebra กับการทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้

แนวคำตอบ

1. การตอบคำถาม Q1.5 มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุทฤษฎีบทพีทาโกรัสได้
2.1 นักเรียนมีการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรม ผ่านการคลิกปุ่มการทำงานตามขั้นตอนการทำกิจกรรมที่ครูได้เรียบเรียง
2.2 ใน Q1.1 นักเรียนได้สังเกตรูปเพื่อเน้นย้ำมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการเรียกชื่อด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก
2.3 ใน Q1.2 นักเรียนได้ใช้คุณสมบัติของโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต ในการเกิดภาพลักษณ์มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เกิดจากด้านตรงข้ามมุมฉากของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก และด้านประกอบของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ผ่านการลากชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ถูกแบ่งไว้
2.4 นักเรียนสามารถใช้การเลื่อนจุดต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ABC ทำให้เห็นรูปได้ในหลายกรณีซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถการให้เหตุผลแบบอุปนัยในการสร้างข้อความคาดการณ์เกี่ยวกับทฤษฎีบทพีทาโกรัสด้วยตนเอง
2.5 ใน Q1.3 - Q1.5 มีการใช้คำถามกระตุ้นจากผลที่ได้จากการทำกิจกรรม เพื่อทำให้นักเรียนสามารถสรุปทฤษฎีบทพีทาโกรัสได้อย่างถูกต้อง

2. ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องกับมุมในครึ่งวงกลม

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1) สร้างข้อความคาดการณ์เกี่ยวกับขนาดของมุมในครึ่งวงกลมได้

2) ให้เหตุผลเกี่ยวกับสมบัติของมุมในครึ่งวงกลมโดยใช้ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องกับรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว สมบัติของวงกลมและสมบัติการเท่ากันได้

<u>ขั้นตอนการทำกิจกรรม</u>

จาก Applet ด้านล่างนี้ กำหนดให้ O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมที่มีความยาวรัศมีเท่ากับ r $\overline{AB}$ เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมและ C เป็นจุดบนวงกลม

1) ให้เลื่อนจุด A, C, O และปรับความยาวรัศมี r สำรวจผลที่เกิดขึ้น แล้วตอบคำถาม Q2.1 - Q2.2

2) ใช้เครื่องมือ Segment เพื่อลาก $\overline{OC}$

3) ใช้เครื่องมือ Distance or Length คลิกที่ $\overline{OA}$ และ $\overline{OC}$ สำรวจความยาวที่เกิดขึ้น แล้วตอบคำถาม Q2.3

4) ใช้เครื่องมือ Angle คลิกที่จุด A, C และ O ตามลำดับ เพื่อวัดขนาดของ $\angle ACO$

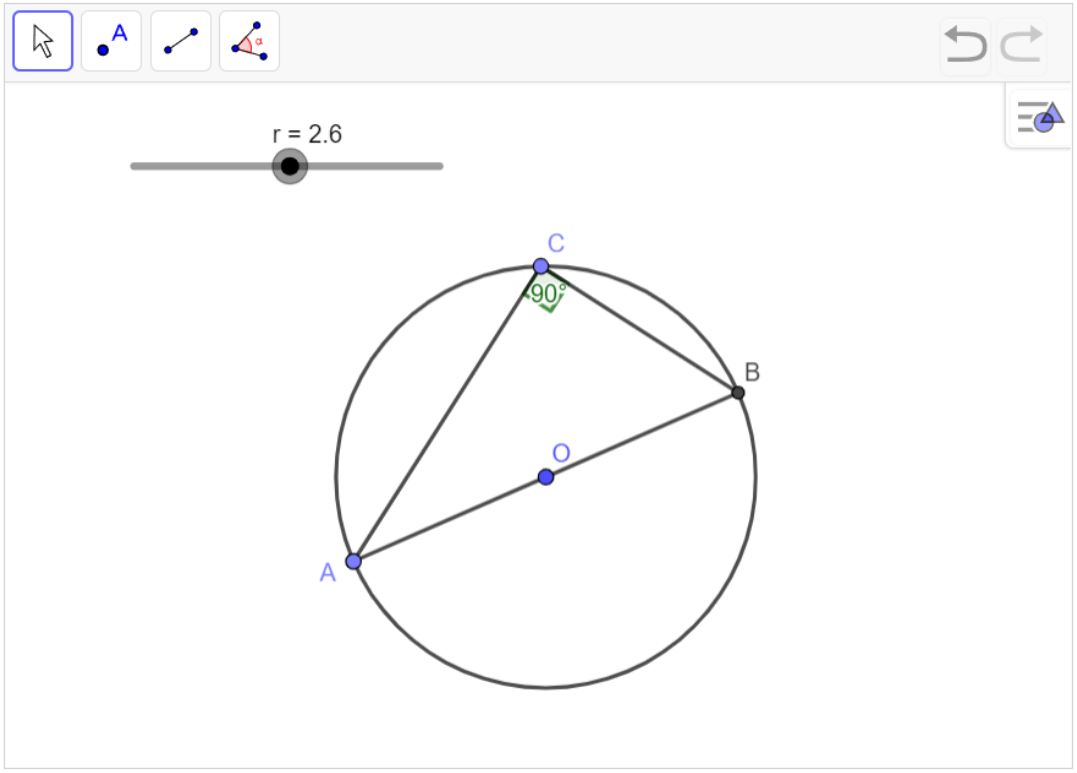
5) ใช้เครื่องมือ Angle คลิกที่จุด C, A และ O ตามลำดับ เพื่อวัดขนาดของ $\angle CAO$

6) สำรวจขนาดของมุมที่ได้จากข้อ 4) และข้อ 5) แล้วตอบคำถาม Q2.4 - Q2.6

7) ใช้เครื่องมือ Distance or Length คลิกที่ $\overline{OB}$ สำรวจความยาวที่เกิดขึ้น แล้วตอบคำถาม Q2.7 - Q2.8

8) สำรวจขนาดของ $\angle BCO$ และ $\angle CBO$ ด้วยขั้นตอนในทำนองเดียวกันกับข้อ 4) และ 5) แล้วตอบคำถาม Q2.9 - Q2.10

9) ตอบคำถาม Q2.11 - Q2.15



Q2.1: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จากการสำรวจข้างต้น จะพบว่า $\angle ACB$ เป็นมุมชนิดใดเสมอ

- [x] มุมในครึ่งวงกลม
- [ ] มุมในส่วนโค้งของวงกลม
- [ ] มุมที่จุดศูนย์กลาง

Q2.2: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จากการสำรวจข้างต้น ท่านสามารถคาดการณ์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมุมในครึ่งวงกลม และขนาดของมุมที่เกิดขึ้นได้ว่าอย่างไร

มุมในครึ่งวงกลมมีขนาดเท่ากับ 90 องศา หรือ 1 มุมฉาก

Q2.3: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

OA และ OC มีความสัมพันธ์กันอย่างไร เพราะเหตุใด

OA = OC เพราะเป็นรัศมีของวงกลม O

Q2.4: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จาก Q2.3 สามารถสรุปได้ว่า ΔACO เป็นรูปสามเหลี่ยมชนิดใด

รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว

Q2.5: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

$\angle ACO$ และ $\angle CAO$ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร เพราะเหตุใด

มีขนาดเท่ากัน เพราะเป็นมุมที่ฐานของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ACO

Q2.6: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จาก Q2.5 และผลบวกของขนาดของมุมภายใน ΔACO สามารถสรุปได้ว่า $\angle AOC$ มีความสัมพันธ์อย่างไรกับ $\angle ACO$

- [ ] $\angle AOC = \angle ACO$
- [ ] $\angle AOC = 180^\circ - \angle ACO$
- [x] $\angle AOC = 180^\circ - 2\angle ACO$

Q2.7: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

OB และ OC มีความสัมพันธ์กันอย่างไร เพราะเหตุใด

OB = OC เพราะเป็นรัศมีของวงกลม O

Q2.8: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จาก Q2.7 สามารถสรุปได้ว่า ΔBCO เป็นรูปสามเหลี่ยมชนิดใด

รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว

Q2.9: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

$\angle BCO$ และ $\angle CBO$ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร เพราะเหตุใด

มีขนาดเท่ากัน เพราะเป็นมุมที่ฐานของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว BCO

Q2.10: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จาก Q2.9 และผลบวกของขนาดของมุมภายใน ΔBCO สามารถสรุปได้ว่า $\angle BOC$ มีความสัมพันธ์อย่างไรกับ $\angle BCO$

- [ ] $\angle BOC = \angle BCO$
- [ ] $\angle BOC = 180° - \angle BCO$
- [x] $\angle BOC = 180° - 2\angle BCO$

Q2.11: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

พิจารณาจากรูปใน Applet ผลบวกของขนาดของ $\angle AOC$ และ $\angle BOC$ เท่ากับเท่าใด เพราะเหตุใด

180° เพราะ เป็นขนาดของมุมตรง

Q2.12: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จาก Q2.6 และ Q2.10 สามารถสรุปได้ว่าผลบวกของขนาดของ $\angle AOC$ และ $\angle BOC$ เท่ากับเท่าใด

- [ ] $180° - \angle ACO - \angle BCO$
- [ ] $180° - 2\angle ACO - 2\angle BCO$
- [ ] $360 - \angle ACO - \angle BCO$
- [x] $360° - 2\angle ACO - 2\angle BCO$

Q2.13: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จาก Q2.11 และ Q2.12 โดยสมบัติการเท่ากันสามารถสรุปได้ว่าอย่างไร

- [x] $180° = 360° - 2\angle ACO - 2\angle BCO$
- [ ] $180° = 360° - \angle ACO - \angle BCO$
- [ ] $180° = 180° - 2\angle ACO - 2\angle BCO$
- [ ] $180° = 180° - \angle ACO - \angle BCO$

Q2.14: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

ผลที่ได้จากการแก้สมการใน Q2.13 สามารถสรุปได้ดังข้อใด

- [x] $\angle ACO + \angle BCO = 90°$
- [ ] $\angle ACO + \angle BCO = 180°$
- [ ] $\angle ACO + \angle BCO = 360°$
- [ ] $\angle ACO + \angle BCO = 0°$

Q2.15: จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

เมื่อพิจารณาจาก Applet แล้วจะพบว่าผลบวกของขนาดของ $\angle ACO$ และ $\angle BCO$ คือขนาดของมุมอะไร

$\angle ACB$ หรือมุมในครึ่งวงกลม

DISCUSSION 2:

จากการทำกิจกรรมที่ 2. ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องกับมุมในครึ่งวงกลม ให้อภิปรายในประเด็นดังต่อไปนี้
1. ความสอดคล้องของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ GeoGebra กับจุดประสงค์การเรียนรู้
2. บทบาทของโปรแกรม GeoGebra กับการทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้

<u>แนวคำตอบ</u>

1.1 การตอบคำถาม Q2.2 มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างข้อความคาดการณ์เกี่ยวกับขนาดของมุมในครึ่งวงกลมได้

1.2 การตอบคำถาม Q2.3 - Q2.15 มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ เพื่อให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลเกี่ยวกับสมบัติของมุมในครึ่งวงกลมโดยใช้ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องกับรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว สมบัติของวงกลมและสมบัติการเท่ากันได้

2.1 ใน Q2.1 นักเรียนได้ใช้คุณเสมบัติของโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต ในการเลื่อนจุด หรือปรับค่าใน Applet เพื่อเน้นย้ำภาพลักษณ์มโนทัศน์เกี่ยวกับมุมในครึ่งวงกลม

2.2 ใน Q2.2 นักเรียนสามารถใช้การเลื่อนจุดต่าง ๆ ใน Applet และสังเกตขนาดของมุมในครึ่งวงกลมที่เกิดขึ้น ทำให้เห็นรูปได้ในหลายกรณี ส่งผลให้นักเรียนสามารถใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัยในการสร้างข้อความคาดการณ์เกี่ยวกับขนาดของมุมในครึ่งวงกลมได้ด้วยตนเอง

2.3 ใน Q2.3 - Q2.15 เป็นการใช้ข้อคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนได้มีการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมเรขาคณิตพลวัต ผ่านการสำรวจ การสร้าง และการใช้เครื่องมือการวัด ซึ่งการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมและการสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดในโปรแกรมในหลาย ๆ กรณี จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้เห็นแนวทางของการใช้ความรู้ทางเรขาคณิตที่ได้เรียนมาแล้ว ในการให้เหตุผลเพื่อตอบคำถามในแต่ละข้อ

เฉลย กิจกรรมบน GeoGebra Classroom

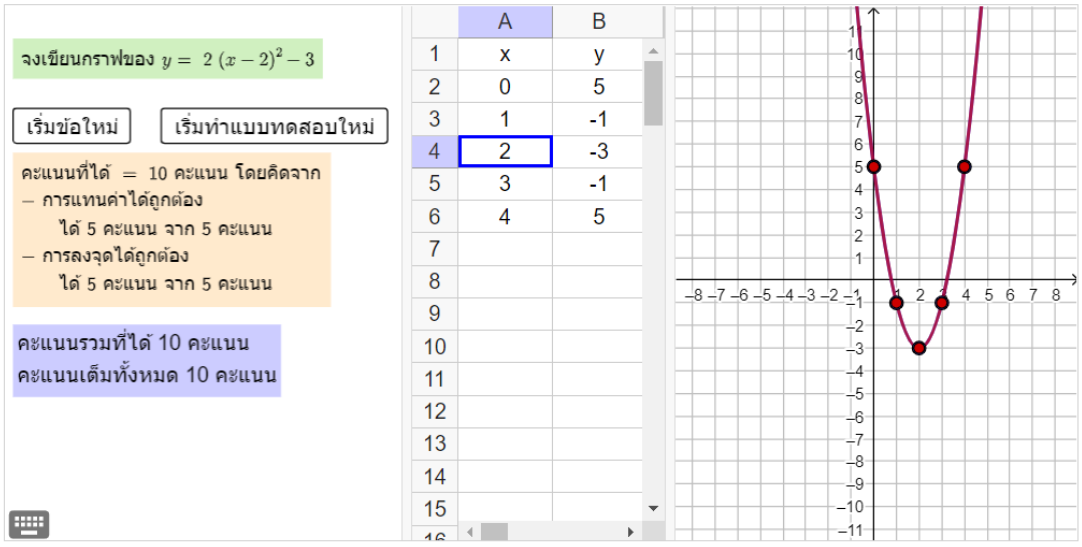
ลิงก์ https://www.geogebra.org/m/vqgkqmma

2. ตัวอย่างการวัดและประเมินผลโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

1. การเขียนกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้:</u>
เพื่อให้นักเรียนสามารถเขียนกราฟของฟังก์ชันกำลังสองที่อยู่ในรูป $y = a(x-h)^2 + k$ ได้

<u>ขั้นตอนการทำกิจกรรม</u>
1) คลิกปุ่ม "เริ่มทำแบบทดสอบใหม่" เพื่อเริ่มนับคะแนนใหม่ และสร้างโจทย์
2) หาค่าของพิกัด y ของแต่ละจุด (รวมทั้งหมด 5 จุด) ในตารางให้ถูกต้อง
3) เลื่อนจุดสีน้ำเงินที่อยู่ในระบบพิกัดฉากทั้ง 5 จุด ให้สอดคล้องกับค่าของพิกัด x และ y ที่ได้ในตาราง จะปรากฏกราฟที่ผ่านจุดที่กำหนด
4) คลิก "ตรวจคำตอบ" เพื่อตรวจสอบคำตอบและคะแนนที่ได้จากการเขียนกราฟ
5) คลิก "เริ่มข้อใหม่" เพื่อเริ่มโจทย์ข้อใหม่ และทำซ้ำในข้อ 2) - 4) เช่นเดิม จนจบการทำแบบทดสอบ



<u>การวัดผล</u>
พิจารณาจากประเด็นต่อไปนี้
- การแทนค่าในฟังก์ชัน ถ้าแทนค่าถูกต้อง จะได้จุดละ 1 คะแนน รวม 5 จุด คิดเป็น 5 คะแนน
- การลงจุด ถ้าลงจุดถูกต้อง จะได้จุดละ 1 คะแนน รวม 5 จุด คิดเป็น 5 คะแนน

<u>การประเมินผล</u>
ถ้านักเรียนได้คะแนน**ตั้งแต่ร้อยละ 60** ขึ้นไป ถือว่า**<u>ผ่าน</u>**

DISCUSSION 1:

จากการทำกิจกรรมที่ 1. การเขียนกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ให้อภิปรายในประเด็นดังต่อไปนี้
1. บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการตั้งปัญหาหรือการแก้ปัญหา
2. ความสอดคล้องกับวิธีการวัดผลและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้

แนวคำตอบ
1.1 โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการตั้งปัญหา เนื่องจากเป็นการสุ่มโจทย์ทำให้นักเรียนได้ฝึกการเขียนกราฟของฟังก์ชันกำลังสองที่หลากหลาย
1.2 โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการแก้ปัญหา เนื่องจากนักเรียนจะได้ปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมในการหาค่าของพิกัด Y ของแต่ละจุดที่กำหนดให้ และเลื่อนจุดลงในระบบพิกัดฉากในโปรแกรม ซึ่งจะปรากฏกราฟขึ้นโดยอัตโนมัติ ทำให้นักเรียนเห็นลักษณะของกราฟที่เกิดขึ้นจากการลงจุดที่กำหนดได้อย่างแม่นยำ และสามารถตรวจสอบได้ ว่าเส้นโค้งที่ผ่านจุดที่ได้ลงไว้ มีลักษณะเป็นกราฟของฟังก์ชันกำลังสองหรือไม่
1.3 โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการวัดผลและประเมินผล เนื่องจากเป็นการใช้คุณลักษณะของระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ และสคริปต์ในการตรวจสอบคำตอบของนักเรียน และการแสดงผลคะแนน
2.1 วิธีการวัดผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ เพื่อให้นักเรียนสามารถเขียนกราฟของฟังก์ชันกำลังสองที่อยู่ในรูป $y = a(x-h)^2 + k$ ได้ เนื่องจากข้อคำถามที่ใช้ในการวัดผลเป็นการให้นักเรียนเขียนกราฟของฟังก์ชันกำลังสองในรูป $y = a(x-h)^2 + k$ และกระบวนการแก้ปัญหานี้มีการใช้การแทนค่าจุด และการลงจุดตามที่กำหนด
2.2 เกณฑ์การให้คะแนนมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ เพื่อให้นักเรียนสามารถเขียนกราฟของฟังก์ชันกำลังสองที่อยู่ในรูป $y = a(x-h)^2 + k$ ได้ เนื่องจากเกณฑ์การให้คะแนนพิจารณาจากกระบวนการหาพิกัดของจุดและการลงจุดในระบบพิกัดฉากของกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง

2. การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง

จุดประสงค์การเรียนรู้:
เพื่อให้นักเรียนสามารถแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสองที่อยู่ในรูป $ax^2 + bx + c$ เมื่อ $a \neq 0$ ได้

ขั้นตอนการทำกิจกรรม:
1) คลิกปุ่ม "เริ่มทดสอบใหม่" เพื่อเริ่มนับคะแนนใหม่ และสร้างโจทย์ใหม่
2) ป้อนค่า k, p, q, r และ s ให้สอดคล้องกับสมการที่โจทย์กำหนด
3) คลิกปุ่ม "ตรวจคำตอบ" เพื่อตรวจสอบผลการตอบคำถาม และคะแนนที่ได้
4) คลิกปุ่ม "เริ่มข้อใหม่" เพื่อสร้างโจทย์ข้อถัดไป

เริ่มทดสอบใหม่

$4x^2 - 22x + 10 = k(px + q)(rx + s)$

$= 2(2x - 1)(x - 5)$

เริ่มข้อใหม่

ถูกต้องครับ เก่งมาก (ได้ 1 คะแนน)

คะแนนที่ได้ = 1 คะแนน
คะแนนเต็ม = 1 คะแนน

สำหรับทด 0

การวัดผล
ในแต่ละข้อคำถาม
- ถ้านักเรียนสามารถแยกตัวประกอบได้ถูกต้อง (กล่าวคือ $ax^2 + bx + c = k(px + q)(rx + s)$) และสมบูรณ์ จะได้ข้อละ 1 คะแนน
- ถ้านักเรียนสามารถแยกตัวประกอบได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (เช่น พหุนามอยู่ในรูป k(px + q)(rx + s) แต่ ห.ร.ม. ของ p และ q ไม่เท่ากับ 1) จะได้ข้อละ 0.5 คะแนน
- ถ้านักเรียนแยกตัวประกอบของพหุนามไม่ถูกต้อง จะได้ 0 คะแนน

การประเมินผล
ถ้านักเรียนได้คะแนน**ตั้งแต่ร้อยละ 60** ขึ้นไป ถือว่า**ผ่าน**

DISCUSSION 2:

จากการทำกิจกรรมที่ 2. การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง ให้อภิปรายในประเด็นดังต่อไปนี้
1. บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการตั้งปัญหาหรือการแก้ปัญหา
2. ความสอดคล้องกับวิธีการวัดผลและประเมินผลกับจุดประสงค์การเรียนรู้

แนวคำตอบ
1.1 โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการตั้งปัญหา เนื่องจากเป็นการใช้คุณลักษณะของระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ และสคริปต์ในการสุ่มโจทย์ ทำให้นักเรียนได้ฝึกการแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสองที่หลากหลาย
1.2 โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการวัดผลและประเมินผล เนื่องจากเป็นการใช้คุณลักษณะของระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ และสคริปต์ในการตรวจสอบคำตอบของนักเรียน และการแสดงผลคะแนน
2.1 วิธีการวัดผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ เพื่อให้นักเรียนสามารถแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสองที่อยู่ในรูป $ax^2 + bx + c$ เมื่อ $a \neq 0$ ได้ เนื่องจากข้อคำถามที่ใช้ในการวัดผลนักเรียนเป็นการให้นักเรียนได้แยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสองที่อยู่ในรูป $ax^2 + bx + c$ เมื่อ $a \neq 0$
2.2 เกณฑ์การให้คะแนนมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ เพื่อให้นักเรียนสามารถแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสองที่อยู่ในรูป $ax^2 + bx + c$ เมื่อ $a \neq 0$ ได้ เนื่องจากเกณฑ์การให้คะแนนพิจารณาจากความถูกต้องและสมบูรณ์ของการแยกตัวประกอบของนักเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12

หัวข้อ : แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra (1)
เวลา : 2 ชั่วโมง

---

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นิสิตครูสามารถ

1.1 อธิบายวิธีการจัดการชั้นเรียนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ได้

1.2 อธิบายวิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้

1.3 อธิบายแนวทางในการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้

1.4 อธิบายวิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้

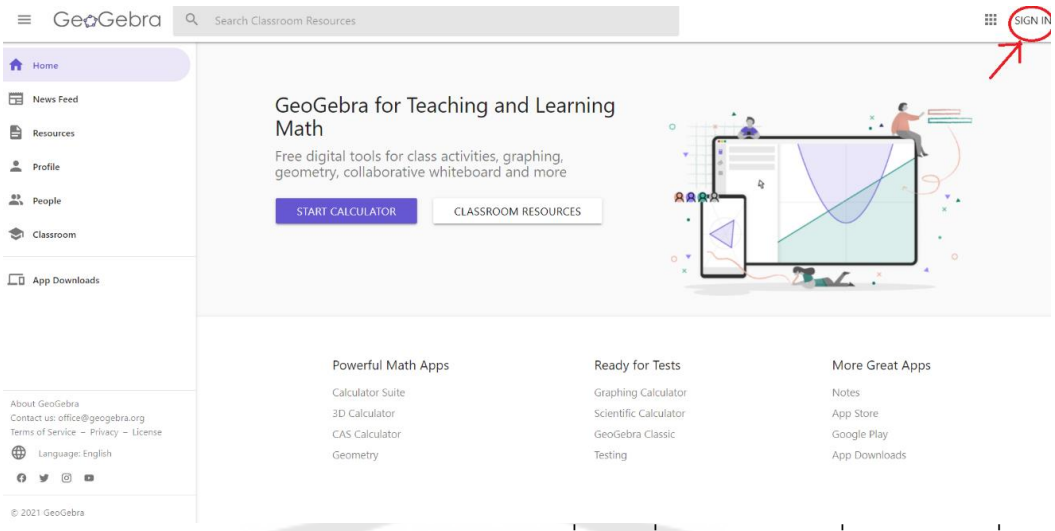
1.5 อธิบายแนวทางการนำตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

2. สาระการเรียนรู้

2.1 แนวทางการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการชั้นเรียน

การสร้างสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra สามารถทำผ่านระบบออนไลน์ และนักเรียนสามารถใช้งานสื่อผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยไม่ต้องลงโปรแกรมได้ดังนี้

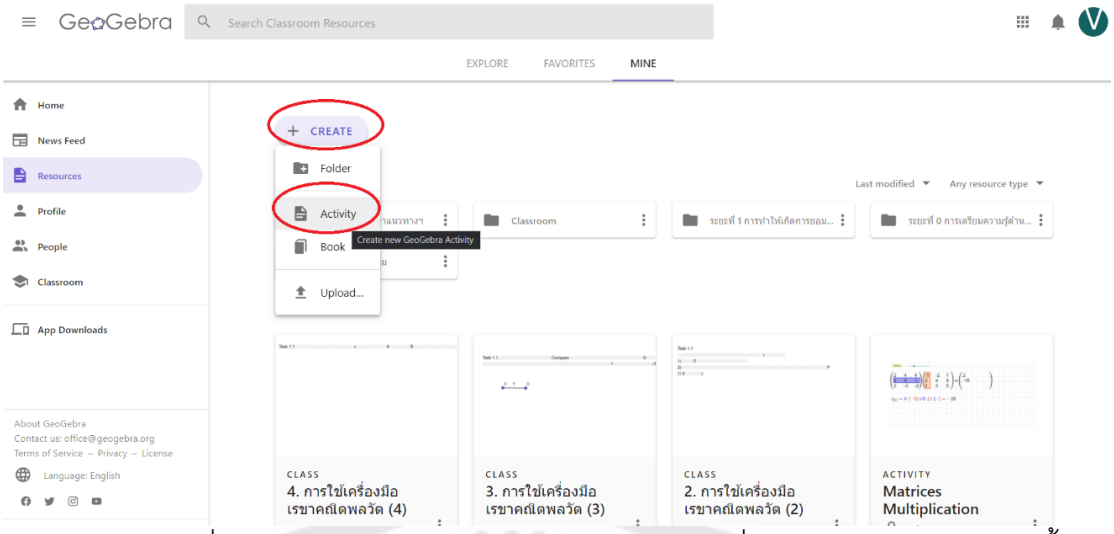
1) เข้าเว็บไซต์ GeoGebra เลือก Sign In เพื่อเข้าสู่ระบบ



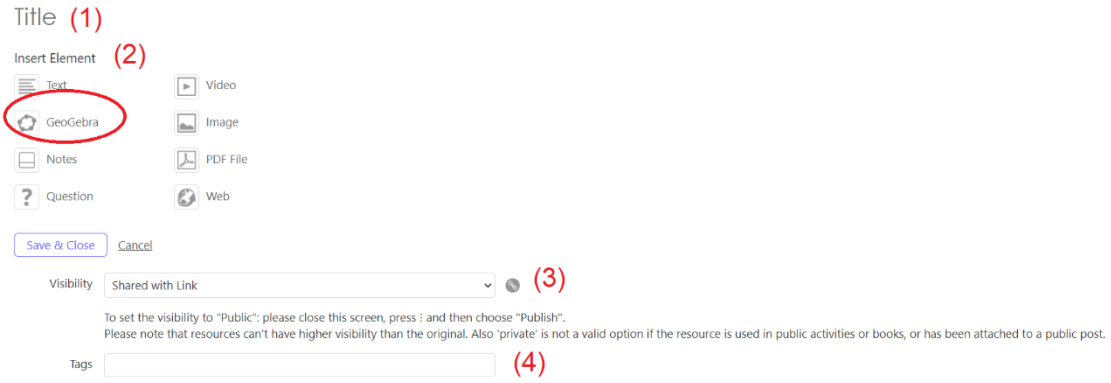
2) คลิกเมนู Resources เลือก MINE ซึ่งเป็นที่อยู่สำหรับเก็บสื่อการเรียนรู้ที่ผู้ใช้ได้สร้างขึ้น โดยสามารถจัดไฟล์สื่อการเรียนรู้ที่ได้สร้างไว้แล้ว ใส่โฟลเดอร์ต่าง ๆ หรือตั้งค่าการแบ่งปันได้ตามต้องการ ในส่วนของการสร้างสื่อการเรียนรู้ใหม่ให้คลิก + CREATE ซึ่งจะมีตัวเลือกดังนี้

- Folder สำหรับการสร้างโฟลเดอร์ใหม่ เพื่อจัดการกับไฟล์ต่าง ๆ ที่ผู้ใช้สร้างไว้
- Activity สำหรับการสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนใหม่ผ่านระบบออนไลน์
- Book สำหรับสร้างหนังสือรวบรวมไฟล์กิจกรรม เหมาะสำหรับการจัดการเรียนการสอนเป็นบทเรียนใหญ่ ๆ ที่ต้องการแบ่งหัวข้อย่อย
- Upload สำหรับการนำไฟล์โปรแกรม GeoGebra ที่ผู้ใช้สร้างไว้ในคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อนำเข้าสู่ระบบออนไลน์ และสามารถแบ่งปันกับนักเรียนหรือผู้ใช้คนอื่น ๆ เพื่อทำกิจกรรมได้

ในที่นี้จะนำเสนอเกี่ยวกับการสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านระบบออนไลน์ ให้คลิกเลือก Activity ดังรูป



3) เมื่อคลิก Activity แล้ว จะปรากฏหน้าต่างดังรูป ซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้



(1) Title เป็นส่วนสำหรับใส่ชื่อหรือหัวข้อของสื่อ

(2) Insert Element เป็นส่วนสำหรับเลือกองค์ประกอบที่ผู้ใช้ต้องการใส่ในสื่อการเรียนรู้นี้ ซึ่งประกอบด้วย

- Text เป็นส่วนสำหรับเพิ่มข้อความ เช่น เนื้อหา คำอธิบาย หรือขั้นตอนการทำกิจกรรม เป็นต้น
- Video เป็นส่วนสำหรับนำเข้าวิดีโอจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบสื่อ
- GeoGebra เป็นการนำเข้า Applet หรือไฟล์ของ GeoGebra ที่ผู้ใช้คนอื่นได้สร้างและแบ่งปันแบบสาธารณะไว้ หรือผู้ใช้สามารถสร้างสื่อการเรียนรู้ด้วยตนเองได้
- Image เป็นการแทรกรูปภาพจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบสื่อ
- Notes เป็นการสร้าง Applet ซึ่งสำหรับผู้ใช้จดบันทึก หรือคำนวณสิ่งต่าง ๆ
- PDF File เป็นการแทรกเอกสาร PDF ลงในสื่อ
- Question เป็นการแทรกคำถามต่าง ๆ ประกอบสื่อ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามแบบอัตนัย และแบบปรนัยแบบตัวเลือก ซึ่งสามารถใส่เฉลยคำตอบที่ถูกต้องได้

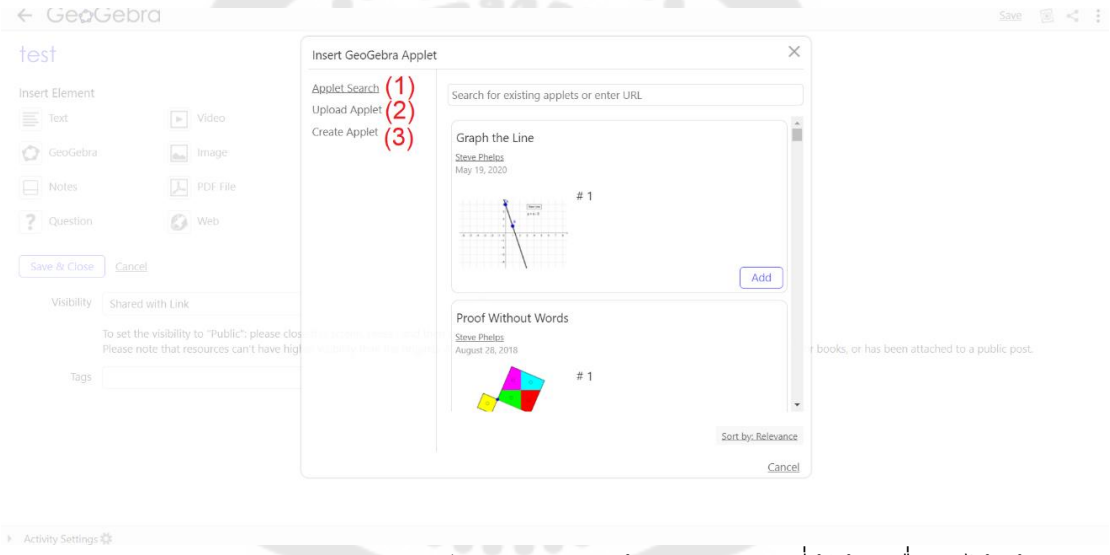
- Web เป็นการแทรกที่อยู่ของเว็บไซต์ให้ผู้ศึกษาสื่อศึกษาเพิ่มเติม หรือทำกิจกรรมเพิ่มเติมได้

(3) Visibility เป็นส่วนสำหรับการตั้งค่าระดับการแบ่งปันของสื่อนี้ ซึ่งมีตั้งแต่ระดับ Private (เป็นส่วนตัว) Shared with Link (เฉพาะผู้ที่มีลิงก์เท่านั้นที่สามารถเข้าถึงได้) และ Public (เป็นสาธารณะ)

(4) Tags ใช้สำหรับใส่คำสำคัญที่มีความเกี่ยวข้องกับสื่อ ในกรณีที่ต้องการให้ผู้อื่นค้นหาและเข้าถึงสื่อนี้

ในที่นี้จะนำเสนอการสร้างและนำเข้าสื่อการเรียนรู้เบื้องต้น ให้คลิกที่ Insert Element -> GeoGebra

4) เมื่อคลิก GeoGebra แล้ว จะปรากฏหน้าต่างดังรูป ซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้



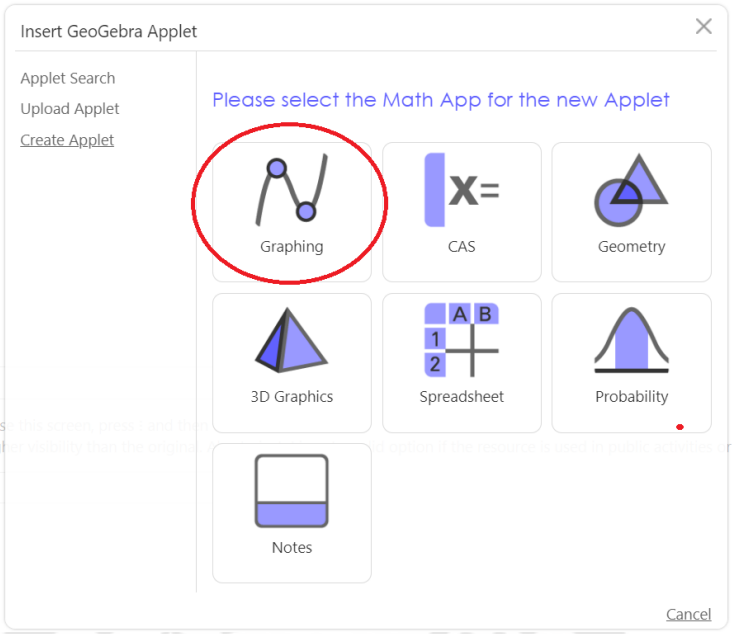
(1) Applet Search เป็นส่วนสำหรับค้นหากิจกรรมที่ผู้ใช้คนอื่น ๆ ได้สร้างและแบ่งปันแบบสาธารณะไว้ โดยสามารถค้นหาหัวข้อตามต้องการ และเมื่อเจอสื่อที่ต้องการนำเข้าไปในกิจกรรมการเรียนการสอนแล้ว ให้คลิก Add

(2) Upload Applet เป็นการนำเข้าไฟล์ GeoGebra ที่ผู้ใช้ได้สร้างไว้ในคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ลงไปในกิจกรรมการเรียนการสอน

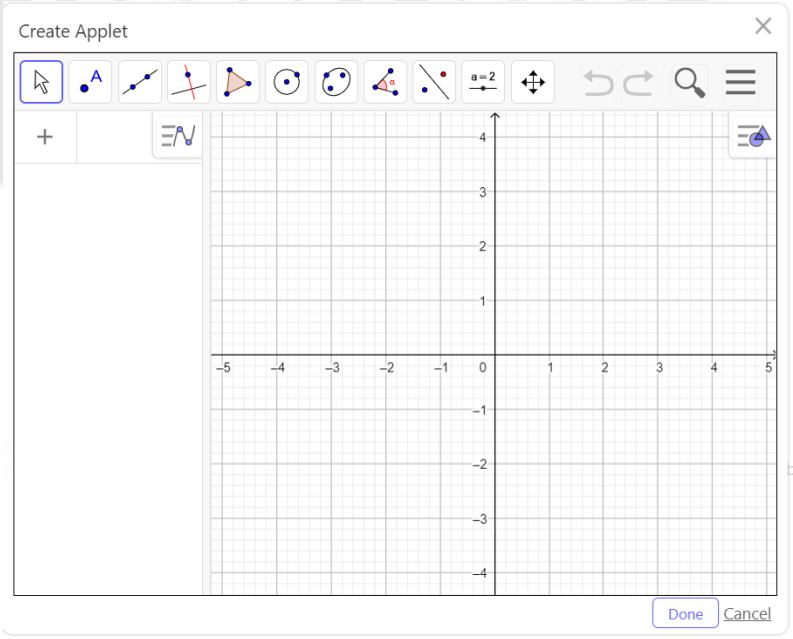
(3) Create Applet เป็นการสร้าง Applet ผ่านระบบออนไลน์

ในที่นี้จะนำเสนอตัวอย่างการสร้าง Applet ผ่านระบบออนไลน์ ให้คลิก Create Applet

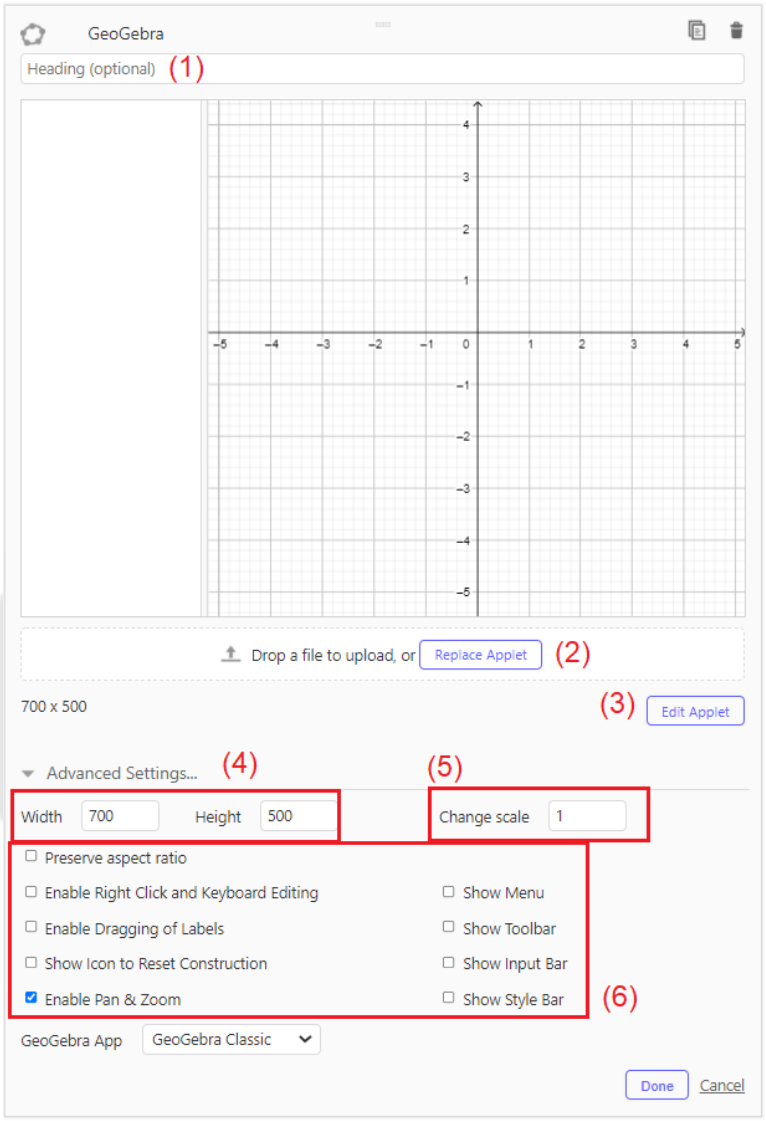
5) เมื่อคลิก Create Applet แล้ว จะปรากฏดังรูป ในกรณีที่ผู้ใช้มีความคุ้นเคยกับการใช้โปรแกรม GeoGebra Classic ให้คลิกเลือก Graphing



6) เมื่อคลิก Graphing แล้ว ผู้ใช้สามารถสร้างสื่อการเรียนรู้แบบปฏิสัมพันธ์ได้เหมือนในโปรแกรม GeoGebra Classic เมื่อสร้างเสร็จแล้ว ให้คลิก Done



7) เมื่อคลิก Done แล้วจะปรากฏดังรูป ซึ่งเป็นการแก้ไขเกี่ยวกับลักษณะของการแสดงผล Applet กับนักเรียนหรือผู้ทำกิจกรรม โดยมีรายละเอียดแต่ละส่วนดังนี้



(1) กำหนดชื่อหัวข้อ (2) นำเข้า Applet ใหม่

(3) แก้ไข Applet ที่ได้สร้างแล้ว (4) ปรับความกว้างและความสูงของ Applet

(5) ปรับอัตราส่วนของขนาด Applet (มีผลกับขนาดตัวอักษรและเมนูต่าง ๆ)

(6) ตั้งค่าสิทธิ์การใช้งานต่าง ๆ ใน Applet สำหรับผู้ทำกิจกรรม ดังนี้

- Preserve aspect ratio ใช้รักษาอัตราส่วนของความกว้างและความสูง

- Enable Right Click and Keyboard Editing เป็นการอนุญาตให้ผู้ทำกิจกรรมสามารถคลิกขวาอ็อบเจกต์ต่าง ๆ เพื่อแก้ไขรายละเอียดเบื้องต้นใน Applet ขณะทำกิจกรรมได้

- Enable Dragging of Labels เป็นการอนุญาตให้ผู้ทำกิจกรรมสามารถคลิกค้างเพื่อเลื่อนตำแหน่งของชื่อของอ็อบเจกต์ได้

- Show Icon to Reset Construction เป็นส่วนสำหรับแสดงไอคอนที่เมื่อผู้ทำกิจกรรมคลิกแล้ว จะเป็นการเริ่มต้น Applet ใหม่ตามที่ครูหรือผู้ใช้ได้สร้างตอนแรก

- Enable Pan & Zoom เป็นการอนุญาตให้ผู้ทำกิจกรรมสามารถซูม หรือเลื่อนตำแหน่งหน้าจอของชิ้นงานได้

- Show Menu เป็นการแสดงแถบเมนูใน Applet ให้ผู้ทำกิจกรรมเข้าถึงได้

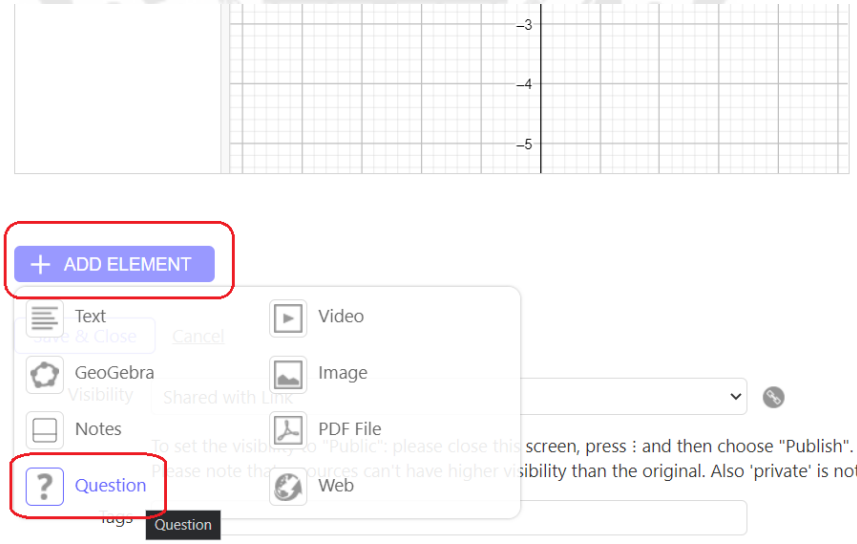
- Show Toolbar เป็นการแสดงแถบเครื่องมือใน Applet ให้ผู้ทำกิจกรรมเข้าถึงได้

- Show Input Bar เป็นการแสดงแถบสำหรับ input ให้ผู้ทำกิจกรรมเข้าถึงได้

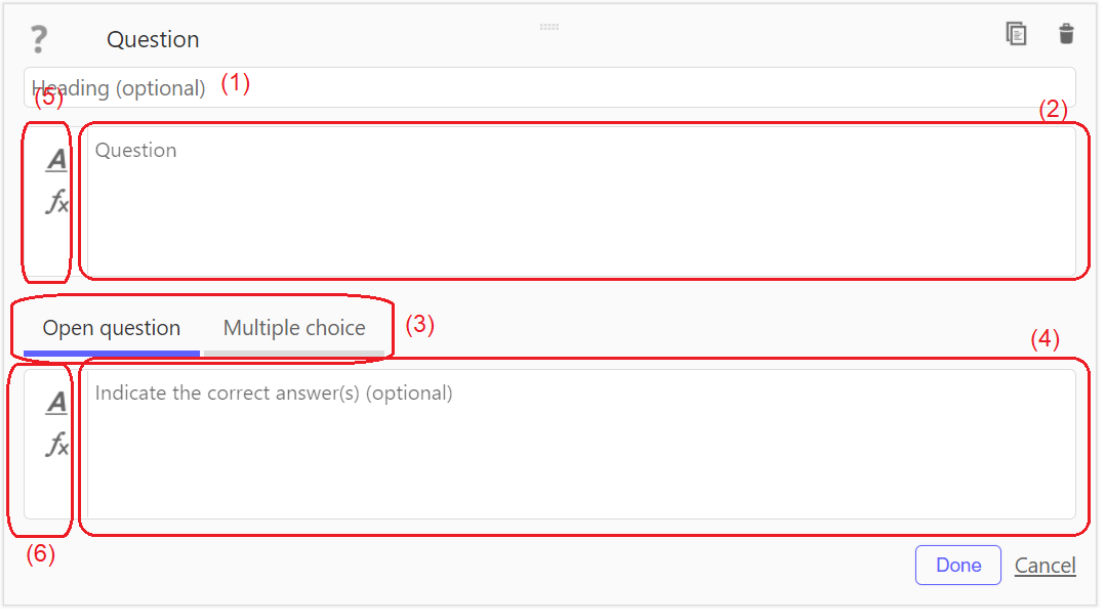
- Show Style Bar เป็นการแสดงแถบสำหรับตั้งค่าการแสดงผล ให้ผู้ทำกิจกรรมเข้าถึงได้

เมื่อตั้งค่าหรือแก้ไข Applet เรียบร้อยแล้วให้คลิกปุ่ม Done ซึ่งหากภายหลังมีการแก้ไขเพิ่มเติมใด ๆ สามารถคลิกที่ Applet แล้วปรับปรุงใหม่จนกว่าจะสมบูรณ์ได้

8) ในกรณีที่ต้องการสร้างคำถามเพื่อให้ผู้ทำกิจกรรมตอบคำถามจากผลการสำรวจใน Applet ให้คลิกที่ + ADD ELEMENT เลือก Question ดังรูป



9) เมื่อคลิก Question แล้วจะปรากฏหน้าต่างดังรูป ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้



(1) สำหรับใส่หัวข้อของส่วน (ถ้ามี)

(2) สำหรับใส่ข้อคำถาม

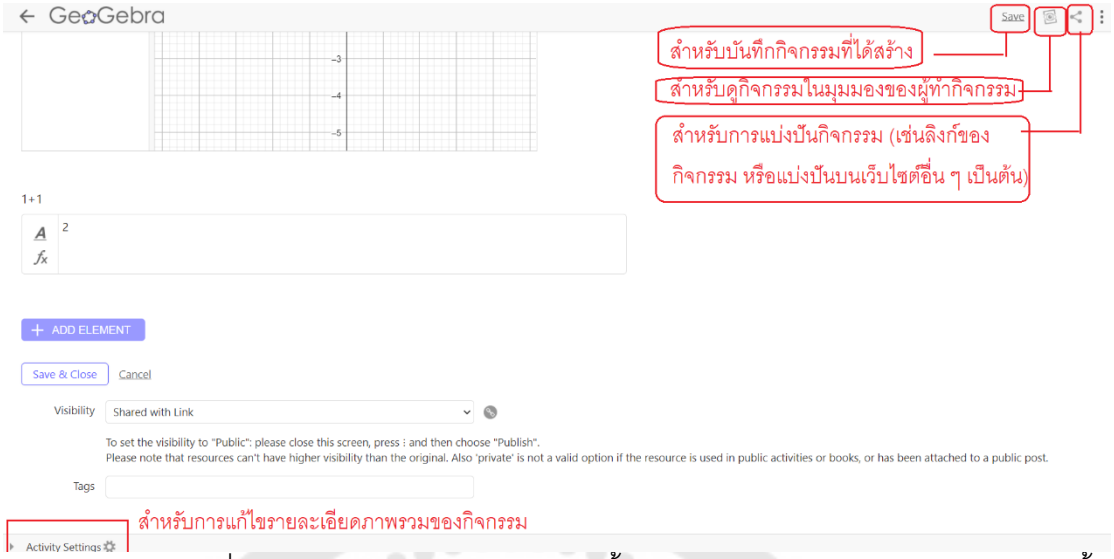
(3) สำหรับเลือกว่าจะเป็นข้อคำถามประเภทใด โดยที่ Open question เป็นการตอบแบบพิมพ์คำตอบ และ Multiple choice เป็นการตอบแบบเลือกตัวเลือกที่ถูกต้อง (อาจจะมีมากกว่า 1 ตัวเลือกก็ได้)

(4) สำหรับใส่เฉลยของคำตอบ (ถ้ามี)

(5) และ (6) เป็นส่วนสำหรับใส่ลูกเล่นของการพิมพ์ในแต่ละส่วน เช่น รูปแบบของตัวอักษร ขนาดตัวอักษร การแทรกรูปภาพ เป็นต้น และส่วนสำหรับการพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับสมการโดยใช้ LaTeX formula

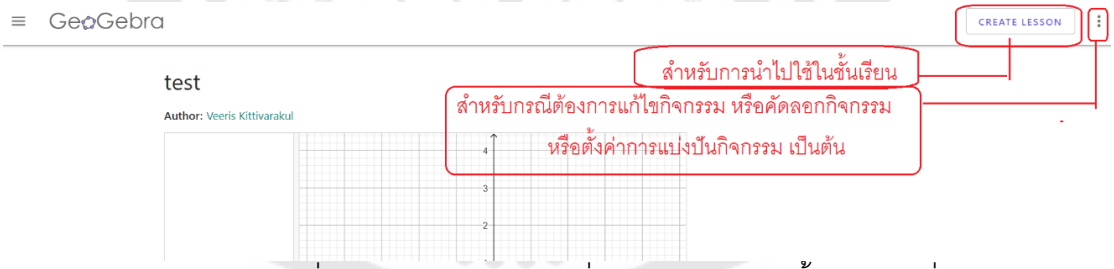
เมื่อพิมพ์ข้อคำถามเรียบร้อยแล้วให้คลิก Done

10) เมื่อสร้างกิจกรรมในส่วนต่าง ๆ เสร็จแล้ว หากต้องการแก้ไขเกี่ยวกับรายละเอียดโดยภาพรวมของกิจกรรม ได้แก่ รูปปกของกิจกรรม รายละเอียดของกิจกรรม กลุ่มเป้าหมายของกิจกรรม และภาษาให้คลิกที่ Activity Settings ด้านล่างสุดของหน้าต่าง และเมื่อปรับปรุงรายละเอียดต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว ให้คลิก Save มุมขวาด้านบน ดังรูป



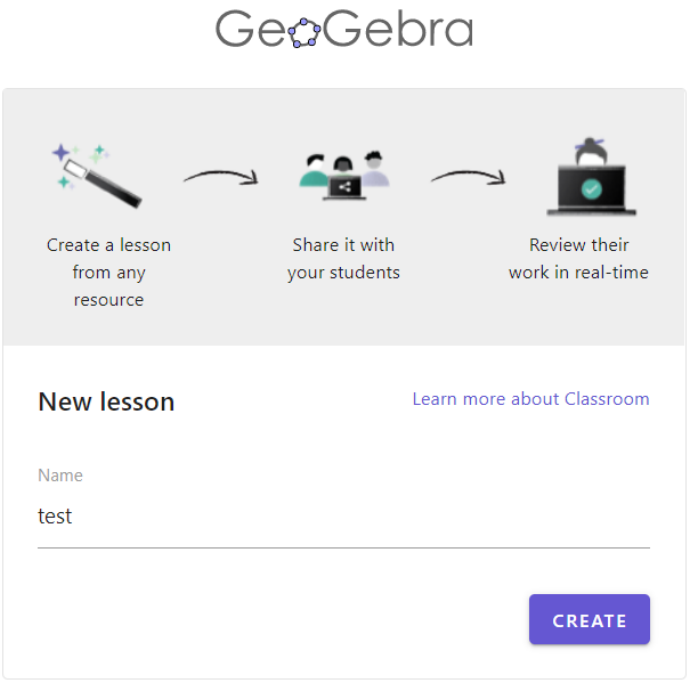
11) เมื่อคลิก Save แล้ว ให้รอหน้าเว็บขึ้นคำว่า All Changes Saved ก่อน จากนั้นตรวจสอบมุมมองของนักเรียนในกิจกรรมที่ผู้ใช้ได้สร้าง โดยคลิกที่ไอคอน (View Resource) ที่มุมขวาบนของหน้าจอ

12) เมื่อเข้าสู่หน้าต่างของกิจกรรมที่ผู้ใช้ได้สร้างในมุมมองของนักเรียนแล้ว ด้านมุมขวาบนของจอจะมีเมนูสำหรับการจัดการกับกิจกรรมที่ผู้ใช้ได้สร้างไว้แล้ว ดังรูป



13) ในกรณีที่ต้องการนำกิจกรรมที่ได้สร้างไปใช้ในชั้นเรียน เพื่อติดตามหรือตรวจสอบการทำงานหรือปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรม และการตอบคำถามของนักเรียน ให้คลิกที่ CREATE LESSON

14) เมื่อคลิก CREATE LESSON แล้ว จะปรากฏหน้าต่างดังรูป ให้ตั้งชื่อกิจกรรมตามต้องการแล้วคลิก CREATE



15) เมื่อคลิก CREATE แล้ว จะปรากฏหน้าต่างดังรูป ซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

(1) เป็นลิงก์สำหรับนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรม

(2) เป็นรหัสเข้าชั้นเรียนในการทำกิจกรรม กรณีที่นักเรียนเข้าทำกิจกรรมผ่านลิงก์ https://www.geogebra.org/classroom

(3) เป็นส่วนที่แสดงผลการทำงานของนักเรียนแบบเรียลไทม์ ซึ่งผู้สอนสามารถเข้าไปดูการทำงานของนักเรียนแต่ละคนแบบสดได้ รวมไปถึงสามารถตรวจสอบได้หลังจากจบกิจกรรมแล้ว

(4) เมื่อผู้สอนคลิก PAUSE จะทำให้นักเรียนไม่สามารถทำกิจกรรมได้ อาจใช้เมื่อหมดเวลาการทำกิจกรรม

(5) สำหรับการซ่อนชื่อนักเรียนในหน้าจอ

2.2 แนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่สัมพันธ์กันแบบ ด้าน - มุม – ด้าน

2.2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นักเรียนสามารถบอกเงื่อนไขที่ทำให้รูปสามเหลี่ยมสองรูปเท่ากันทุกประการได้

2.2.2 การสร้างสื่อการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

1) การสร้างรูปสามเหลี่ยมสองรูปให้สัมพันธ์กันแบบ ด้าน - มุม - ด้าน

(1) กำหนดสไลเดอร์ a แทนความยาวของ $\overline{AB}$ และ $\overline{A'B'}$

(2) กำหนดสไลเดอร์ m แทนขนาดของ ABC และ $A'B'C'$

(3) กำหนดสไลเดอร์ b แทนความยาวของ $\overline{BC}$ และ $\overline{B'C'}$

(4) กำหนด A และ A' เป็นจุดใด ๆ ในชิ้นงาน

(5) สร้างวงกลม c เป็นวงกลมที่มี A เป็นจุดศูนย์กลาง ความยาวรัศมี a

(6) สร้างวงกลม d เป็นวงกลมที่มี A' เป็นจุดศูนย์กลาง ความยาวรัศมี a

(7) กำหนดจุด B และ B' เป็นจุดบนวงกลม c และวงกลม d ตามลำดับ

(8) ลาก $\overline{AB}$

(9) สร้างจุด E เป็นจุดที่ได้จากการหมุนจุด A รอบจุด B ด้วยมุมขนาด m และมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

(10) สร้างจุด E' เป็นจุดที่ได้จากการหมุนจุด A' รอบจุด B' ด้วยมุมขนาด m และมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

(11) ลาก $\overrightarrow{AE}$ และ $\overrightarrow{A'E'}$

(12) สร้างวงกลม e ซึ่งเป็นวงกลมที่มี B เป็นจุดศูนย์กลาง ความยาวรัศมี b ให้วงกลม e ตัดกับ $\overrightarrow{AE}$ ที่จุด C

(13) สร้างวงกลม f ซึ่งเป็นวงกลมที่มี B' เป็นจุดศูนย์กลาง ความยาวรัศมี b ให้วงกลม f ตัดกับ $\overrightarrow{A'E'}$ ที่จุด C'

(14) ลาก $\overline{BC}$, $\overline{B'C'}$, $\overline{AC}$ และ $\overline{A'C'}$ จะได้ ΔABC และ $\Delta A'B'C'$

(15) วัดขนาดของมุมทุกมุมของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูป ตกแต่งสี ลักษณะของเส้น จัดการซ่อนร่องรอยการสร้างของชิ้นงานให้เหมาะสม

(16) วัดความยาวของ $\overline{AB}$, $\overline{A'B'}$, $\overline{BC}$ และ $\overline{B'C'}$

2) การสร้างข้อความแบบพลวัต สำหรับการแสดงผลการวัดภายหลัง

(1) ใช้เครื่องมือสร้างกล่องข้อความ ให้ป้อนข้อความเป็นค่าของความยาวของ $\overline{AC}$ และ $\overline{A'C'}$ (ให้พิจารณาจากหน้าต่าง Algebra ว่าตัวแปรใดแทนความยาวของ $\overline{AC}$ และ $\overline{A'C'}$)

(2) สร้างจุด N และ N' ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางของ $\overline{AC}$ และ $\overline{A'C'}$ ตามลำดับ

(3) เลือกกล่องข้อความที่แสดงความยาวของ $\overline{AC}$ ตั้งค่า Position -> Starting Point เป็นจุด N

(4) เลือกกล่องข้อความที่แสดงความยาวของ $\overline{A'C'}$ ตั้งค่า Position -> Starting Point เป็นจุด N'

(5) ซ่อนจุด N และ N' ปรับตำแหน่งของกล่องข้อความตามต้องการ

3) การสร้างปุ่มการทำงานเพื่อแสดงผลอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

(1) กำหนดตัวแปรชนิดจำนวนเต็ม show ให้มีค่าเท่ากับ 0

(2) สร้างปุ่มการทำงาน และกำหนดสคริปต์ดังนี้

- RESET

  Script:

  SetValue(show,0)

- แสดง $\overline{AB}$ และ $\overline{A'B'}$

  Script:

  SetValue(show,1)

- แสดง ABC และ $A'B'C'$

  Script:

SetValue(show,2)

- แสดง $\overline{BC}$ และ $\overline{B'C'}$

Script:

SetValue(show,3)

- แสดง $\overline{AC}$ และ $\overline{A'C'}$

Script:

SetValue(show,4)

- แสดงความยาวและขนาดของมุมที่เหลือ

Script:

SetValue(show,5)

(3) กำหนด Condition to Show Object ของแต่ละอ็อบเจกต์ดังนี้

- จุด A, A', B และ B' ส่วนของเส้นตรง $\overline{AB}$ และ $\overline{A'B'}$ สไลเดอร์ a และปุ่มแสดง ABC และ $A'B'C'$ ให้กำหนดเงื่อนไขเป็น show>=1

- รังสี $\overrightarrow{AE}$ และ $\overrightarrow{A'E'}$ มุม ABC และ $A'B'C'$ สไลเดอร์ m และปุ่มแสดง $\overline{BC}$ และ $\overline{B'C'}$ ให้กำหนดเงื่อนไขเป็น show>=2

- จุด C และ C' สไลเดอร์ b และปุ่มแสดง $\overline{AC}$ และ $\overline{A'C'}$ ให้กำหนดเงื่อนไขเป็น show>=3

- ส่วนของเส้นตรง $\overline{AC}$ และ $\overline{A'C'}$ และปุ่มแสดงความยาวและขนาดของมุมที่เหลือ ให้กำหนดเงื่อนไขเป็น show>=4

- มุม $BAC, B'A'C', ACB$ และ $A'C'B'$ และกล่องข้อความที่แสดงความยาวของ $\overline{AC}$ และ $\overline{A'C'}$ ให้กำหนดเงื่อนไขเป็น show>=5

2.2.3 แนวทางในการนำสื่อการเรียนรู้ เรื่อง รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่สัมพันธ์กันแบบ ด้าน - มุม – ด้าน มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

1) ครูชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ และคำชี้แจงในการทำกิจกรรม

2) ครูให้นักเรียนคลิกปุ่มแสดง AB และ A'B' เพื่อให้ชิ้นงานแสดงสไลเดอร์ a, $\overline{AB}$ และ $\overline{A'B'}$ จากนั้นให้นักเรียนปรับค่าของสไลเดอร์ a เพื่อให้นักเรียนสังเกตว่า $\overline{AB}$ และ $\overline{A'B'}$ มีความยาวเท่ากันเสมอ

3) ครูชี้แจงกับนักเรียนเพิ่มเติมว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง $\overline{AB}$ และ $\overline{A'B'}$ ซึ่งเป็นด้านคู่สมนัยกันของรูปสามเหลี่ยมสองรูปนี้ จะเรียกว่า ด้าน

4) ครูให้นักเรียนคลิกปุ่มแสดงมุม ABC และมุม A'B C' เพื่อให้ชิ้นงานแสดงสไลเดอร์ และ m จากนั้นให้นักเรียนปรับค่าของสไลเดอร์ m เพื่อให้นักเรียนสังเกตว่า ABC และ $A'B'C'$ มีขนาดเท่ากันเสมอ

5) ครูชี้แจงกับนักเรียนเพิ่มเติมว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง ABC และ $A'B'C'$ ซึ่งเป็นมุมคู่สมนัยกันของรูปสามเหลี่ยมสองรูปนี้ จะเรียกว่า มุม

6) ครูให้นักเรียนคลิกปุ่มแสดง BC และ B'C' เพื่อให้ชิ้นงานแสดงสไลเดอร์ b, $\overline{BC}$ และ $\overline{B'C'}$ จากนั้นให้นักเรียนปรับค่าของสไลเดอร์ b เพื่อให้นักเรียนสังเกตว่า $\overline{BC}$ และ $\overline{B'C'}$ มีความยาวเท่ากันเสมอ

7) ครูชี้แจงกับนักเรียนเพิ่มเติมว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง $\overline{BC}$ และ $\overline{B'C'}$ ซึ่งเป็นด้านคู่สมนัยกันของรูปสามเหลี่ยมสองรูปนี้ จะเรียกว่า ด้าน

8) ครูชี้แจงกับนักเรียนว่า ผลที่ได้จากการสำรวจในข้อ 3) 5) และ 7) ทำให้เราสามารถเรียกความสัมพันธ์ระหว่างรูปสามเหลี่ยมสองรูปนี้ว่า มีความสัมพันธ์กันแบบ ด้าน - มุม - ด้าน

9) ครูให้นักเรียนสำรวจโดยการเลื่อนจุดยอดแต่ละจุดของรูปสามเหลี่ยม หรือปรับความยาวของด้านหรือขนาดของมุมคู่ที่เท่ากัน และให้นักเรียนสังเกตลักษณะของการเรียงลำดับด้านคู่สมนัย และมุมคู่สมนัย เพื่อเน้นย้ำให้นักเรียนเกิดภาพลักษณ์มโนทัศน์เกี่ยวกับลักษณะของรูปสามเหลี่ยมสองรูปที่สัมพันธ์กันแบบ ด้าน - มุม - ด้าน

10) ครูให้นักเรียนคลิกปุ่มแสดงความยาวและขนาดของมุมที่เหลือของรูปสามเหลี่ยมสองรูป จากนั้นให้นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้น แล้วสรุปเกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยมสองรูปที่สัมพันธ์กันแบบด้าน - มุม – ด้าน ด้วยตนเอง ผ่านคำถามกระตุ้นในใบกิจกรรม หรือ Dynamic Worksheet ที่ครูได้เตรียมไว้

2.3 แนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน เรื่อง กราฟของพาราโบลา

2.3.1 จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุจุดยอด โฟกัส แกนสมมาตร ไดเรกตริกซ์ และความยาวของเลตัสเรกตัมของพาราโบลาได้

2.3.2 การสร้างสื่อการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

1) การกำหนดตัวแปรและสมการที่เกี่ยวข้อง

(1) กำหนดสไลเดอร์ h, k และ p ซึ่งเป็นจำนวนจริง ให้มีค่าต่ำสุดและสูงสุดตามความเหมาะสม

(2) กำหนดตัวแปรชนิดบูลีน เพื่อควบคุมการแสดงกราฟดังต่อไปนี้

- showvertical:=true เป็นตัวแปรสำหรับควบคุมการแสดงกราฟของสมการที่อยู่ในรูป $(x-h)^2 = 4p(y-k)$
- showhorizontal:=true เป็นตัวแปรสำหรับควบคุมการแสดงกราฟของสมการที่อยู่ในรูป $(y-k)^2 = 4p(x-h)$

(3) กำหนดสมการและจุดต่อไปนี้

- r_1: (x-h)^2=4p(y-k) โดยกำหนด Condition to Show Object เป็น showhorizontal==true
- r_2: (y-k)^2=4p(x-h) โดยกำหนด Condition to Show Object เป็น showvertical==true
- s_1: x = h โดยกำหนด Condition to Show Object เป็น showvertical==true
- s_2: y = k โดยกำหนด Condition to Show Object เป็น showhorizontal==true
- d_1: y = k – p โดยกำหนด Condition to Show Object เป็น showvertical==true
- d_2: x = h – p โดยกำหนด Condition to Show Object เป็น showhorizontal==true
- V:=(h, k)

- F_1:=(h, k+p) โดยกำหนด Condition to Show Object เป็น showvertical==true
- F_2:=(h+p, k) โดยกำหนด Condition to Show Object เป็น showhorizontal==true

(4) สร้างเส้นเลตัสเรกตัมของสมการ $(x-h)^2 = 4p(y-k)$ โดยการสร้างเส้นตั้งฉากกับแกนสมมาตร (หรือเส้นตรง $x = h$) ที่จุด F_1 ให้เส้นตั้งฉากดังกล่าวตัดกับกราฟของสมการที่จุด A และจุด B ลาก $\overline{AB}$ (ให้ชื่อว่าส่วนของเส้นตรง f) จะได้ว่า f เป็นเส้นเลตัสเรกตัม ซึ่งกำหนดให้ Condition to Show Object เป็น showvertical==true

(5) สร้างเส้นเลตัสเรกตัมของสมการ $(y-k)^2 = 4p(x-h)$ โดยการสร้างเส้นตั้งฉากกับแกนสมมาตร (หรือเส้นตรง $y = k$) ที่จุด F_2 ให้เส้นตั้งฉากดังกล่าวตัดกับกราฟของสมการที่จุด C และจุด D ลาก $\overline{CD}$ (ให้ชื่อว่าส่วนของเส้นตรง g) จะได้ว่า g เป็นเส้นเลตัสเรกตัม ซึ่งกำหนดให้ Condition to Show Object เป็น showhorizontal==true

2) การสร้างข้อความแบบพลวัต สำหรับการแสดงสมการพาราโบลา

(1) สร้างกล่องข้อความ text1 เพื่อแสดงข้อความ "$(x-h)^2 = 4p(y-k)$" โดยให้ input เป็น text1:=formulatext((x-h)^2=4p(y-k)) และกำหนด Condition to Show Object เป็น showhorizontal==true

(2) สร้างกล่องข้อความ text2 เพื่อแสดงข้อความ "$(y-k)^2 = 4p(x-h)$" โดยให้ input เป็น text2:=formulatext((y-k)^2=4p(x-h)) และกำหนด Condition to Show Object เป็น showvertical==true

(3) สร้างกล่องข้อความ text3 เพื่อแสดงข้อความ "จุดยอด คือ (h, k)" โดยให้ input เป็น text3:="จุดยอด คือ "+formulatext((h,k)) และให้เลือก Starting Point เป็น V

(4) สร้างกล่องข้อความ text4 เพื่อแสดงข้อความ "แกนสมมาตร คือ $x = h$" โดยให้ input เป็น text4:="แกนสมมาตร คือ "+formulatext(x=h) และกำหนด Condition to Show Object เป็น showvertical==true

(5) สร้างกล่องข้อความ text5 เพื่อแสดงข้อความ "แกนสมมาตร คือ $y = k$" โดยให้ input เป็น text5:="แกนสมมาตร คือ "+formulatext(y=k) และกำหนด Condition to Show Object เป็น showhorizontal==true

(6) สร้างกล่องข้อความ text6 เพื่อแสดงข้อความ “จุดโฟกัส คือ $(h, k+p)$” โดยให้ input เป็น text6:=”จุดโฟกัส คือ “+formulatext((h, k+p)) กำหนด Condition to Show Object เป็น showvertical==true และให้เลือก Starting Point เป็น F_1

(7) สร้างกล่องข้อความ text7 เพื่อแสดงข้อความ “จุดโฟกัส คือ $(h+p, k)$” โดยให้ input เป็น text7:=”จุดโฟกัส คือ “+formulatext((h+p, k)) กำหนด Condition to Show Object เป็น showhorizontal==true และให้เลือก Starting Point เป็น F_2

(8) สร้างกล่องข้อความ text8 เพื่อแสดงข้อความ “ไดเรกตริกซ์ คือ $y = k - p$” โดยให้ input เป็น text8:=”ไดเรกตริกซ์ คือ “+formulatext(y=(k-p)) และกำหนด Condition to Show Object เป็น showvertical==true

(9) สร้างกล่องข้อความ text9 เพื่อแสดงข้อความ “ไดเรกตริกซ์ คือ $x = h - p$” โดยให้ input เป็น text9:=”ไดเรกตริกซ์ คือ “+formulatext(x=(h-p)) และกำหนด Condition to Show Object เป็น showhorizontal==true

(10) สร้างกล่องข้อความ text10 เพื่อแสดงข้อความ “ความยาวของเลตัสเรกตัม เท่ากับ f“ โดยให้ input เป็น text10:= “ความยาวของเลตัสเรกตัม เท่ากับ “+formulatext(f) กำหนด Confition to Show Object เป็น showvertical==true และ Starting Point เป็น F_1

3) การสร้างปุ่มสำหรับการเลือกรูปแบบของสมการที่ต้องการเขียนกราฟ

(1) สร้างปุ่ม “แสดงกราฟของสมการ $(x-h)^2 = 4p(y-k)$” โดยกำหนด Script ดังนี้

Script:

SetValue(showhorizontal,false)

SetValue(showvertical,true)

(2) สร้างปุ่ม “แสดงกราฟของสมการ $(y-k)^2 = 4p(x-h)$” โดยกำหนด Script ดังนี้

Script:

SetValue(showhorizontal,true)

SetValue(showvertical,false)

2.3.3 แนวทางในการนำสื่อการเรียนรู้ เรื่อง กราฟของพาราโบลา มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์

แนวทางการกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการใช้คำถามกระตุ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ สำหรับกรณีการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับสมการพาราโบลาที่อยู่ในรูป $(x-h)^2 = 4p(y-k)$ สามารถแสดงได้ดังนี้

Q1

กราฟของสมการพาราโบลาที่อยู่ในรูป $(x-h)^2 = 4p(y-k)$ มีลักษณะสอดคล้องกับข้อใด

- [x] เป็นกราฟพาราโบลาหงาย หรือ คว่ำ ($\cup$ หรือ $\cap$)
- [ ] เป็นกราฟพาราโบลาแบบเปิดทางขวา หรือ เปิดทางซ้าย ($\subset$ หรือ $\supset$)

Q2

จากกราฟของสมการพาราโบลาที่อยู่ในรูป $(x-h)^2 = 4p(y-k)$
ให้นักเรียนสำรวจโดยการปรับค่า p > 0 เมื่อสำรวจแล้วจะพบว่าลักษณะกราฟเป็นอย่างไร

- [x] เป็นกราฟพาราโบลาหงาย
- [ ] เป็นกราฟพาราโบลาคว่ำ
- [ ] เป็นกราฟพาราโบลาแบบเปิดทางขวา
- [ ] เป็นกราฟพาราโบลาแบบเปิดทางซ้าย

Q3

จากกราฟของสมการพาราโบลาที่อยู่ในรูป $(x-h)^2 = 4p(y-k)$
ให้นักเรียนสำรวจโดยการปรับค่า p < 0 เมื่อสำรวจแล้วจะพบว่าลักษณะกราฟเป็นอย่างไร

- [ ] เป็นกราฟพาราโบลาหงาย
- [x] เป็นกราฟพาราโบลาคว่ำ
- [ ] เป็นกราฟพาราโบลาแบบเปิดทางขวา
- [ ] เป็นกราฟพาราโบลาแบบเปิดทางซ้าย

Q4

จากกราฟของสมการพาราโบลาที่อยู่ในรูป $(x-h)^2 = 4p(y-k)$ ให้นักเรียนสำรวจโดยการปรับค่า p, h และ k จะพบว่าตำแหน่งของจุดยอดสอดคล้องกับข้อใด

- [ ] (-h, -k)
- [ ] (-h, k)
- [ ] (h, -k)
- [x] (h, k)

Q5

จากกราฟของสมการพาราโบลาที่อยู่ในรูป $(x-h)^2 = 4p(y-k)$ ให้นักเรียนสำรวจโดยการปรับค่า p, h และ k จะพบว่าตำแหน่งของโฟกัสสอดคล้องกับข้อใด

- [x] (h, k+p)
- [ ] (h, k-p)
- [ ] (h+p, k)
- [ ] (h-p, k)

Q6

จากกราฟของสมการพาราโบลาที่อยู่ในรูป $(x-h)^2 = 4p(y-k)$ ให้นักเรียนสำรวจโดยการปรับค่า p, h และ k จะพบว่า สมการของแกนสมมาตรซ์สอดคล้องกับข้อใด

- [x] x = h
- [ ] x = -h
- [ ] y = k
- [ ] y = -k

Q7

จากกราฟของสมการพาราโบลาที่อยู่ในรูป $(x-h)^2 = 4p(y-k)$ ให้นักเรียนสำรวจโดยการปรับค่า p, h และ k จะพบว่า สมการของเส้นไดเรกตริกซ์สอดคล้องกับข้อใด

- [ ] y = k+p
- [x] y = k-p
- [ ] x = h+p
- [ ] x = h-p

Q8

จากกราฟของสมการพาราโบลาที่อยู่ในรูป $(x-h)^2 = 4p(y-k)$ ให้นักเรียนสำรวจโดยการปรับค่า p, h และ k จะพบว่า ความยาวของเลตัสเรกตัมสอดคล้องกับข้อใด

- [ ] $|p|$
- [ ] $2|p|$
- [ ] $3|p|$
- [x] $4|p|$

Q9

จากผลการสำรวจและการตอบคำถาม Q1 - Q8 นักเรียนสามารถสรุปเกี่ยวกับลักษณะของกราฟและองค์ประกอบต่าง ๆ ของสมการพาราโบลาที่อยู่ในรูป $(x-h)^2 = 4p(y-k)$ ได้ว่าอย่างไร

1. ลักษณะกราฟ
- ถ้า p > 0 จะเป็นกราฟพาราโบลาหงาย
- ถ้า p < 0 จะเป็นกราฟพาราโบลาคว่ำ
2. จุดยอดคือ (h, k)
3. โฟกัสคือ (h, k+p)
4. สมการแกนสมมาตร คือ x = h
5. สมการของเส้นไดเรกตริกซ์ คือ y = k-p
6. ความยาวของเลตัสเรกตัม คือ $4|p|$

2.4 แนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

2.4.1 จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทพีทาโกรัสในการหาความยาวด้านที่เหลือของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก เมื่อกำหนดความยาวด้าน 2 ด้านได้

2.4.2 วิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

1) การสร้างโจทย์ที่สามารถสุ่มลักษณะและจำนวนที่อยู่ในโจทย์

(1) กำหนดตัวแปร จำนวนจากลิสต์ของลำดับ เพื่อกำหนดความยาวของแต่ละด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากโดย Input ดังนี้

- a:=RandomElement(Sequence(sqrt(n),n,1,25))
- b:=RandomElement(Sequence(sqrt(n),n,1,25))
- c:=sqrt(a^2+b^2)

(2) สร้างรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ABC โดยที่มี $AC = c$ กล่าวคือ $\overline{AC}$ เป็นความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก

(3) กำหนดตัวแปร unknown:=RandomElement({1,2,3}) แทนการระบุความยาวของด้านที่ต้องการทราบ

(4) สร้างกล่องข้อความแทนความยาวของ a, b และ c แล้วนำกล่องข้อความทั้งสามตรึงกับจุดกึ่งกลางของ $\overline{AB}$, $\overline{BC}$ และ $\overline{AC}$ ตามลำดับ (จากเทคนิคข้อ 2) ในหัวข้อ 2.1.2)

(5) กำหนด Condition to Show Object ดังนี้

- กล่องข้อความที่แสดงความยาว a กำหนดเงื่อนไขเป็น unknown!=1
- กล่องข้อความที่แสดงความยาว b กำหนดเงื่อนไขเป็น unknown!=2
- กล่องข้อความที่แสดงความยาว c กำหนดเงื่อนไขเป็น unknown!=3

(6) กำหนดตัวแปร sol:=if(unknown==1,a,if(unknown==2,b,c)) ซึ่งเป็นตัวแปรสำหรับเก็บผลเฉลยคำตอบของโจทย์ที่สุ่มได้

(7) สร้างปุ่ม button1 เป็นปุ่มสำหรับสุ่มโจทย์ใหม่ โดยให้พิมพ์ Script ดังนี้

Script: UpdateConstruction()

2) การสร้างตัวแปรสำหรับจัดเก็บคำตอบจากผู้ใช้ และการสร้างตัวแปรสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ

(1) กำหนดตัวแปร ans:=0 เป็นตัวแปรสำหรับเก็บคำตอบที่ผู้ใช้ป้อน

(2) สร้าง InputBox1 โดยตั้งค่า Linked Object เป็น ans สำหรับเก็บค่าของคำตอบที่ผู้ใช้ป้อน

(3) ใช้เครื่องมือ Text สร้างกล่องข้อความ text1 โดยเลือกค่า InputBox1 ลงไปในข้อความ แล้วเลือก LaTeX formula

(4) ใน Input Bar ให้พิมพ์คำสั่ง formatans:=text(text1) เพื่อกำหนดตัวแปร formatans สำหรับเก็บคำตอบให้อยู่ในรูปของข้อความ (ตัวแปรชนิดข้อความจะสามารถแยกความแตกต่างระหว่างคำตอบ $\sqrt{8}$ และ $2\sqrt{2}$ ได้)

(5) ใน Input Bar ให้พิมพ์คำสั่ง formatsol:=text(surdtext(sol)) เพื่อแปลงคำตอบที่จัดให้อยู่ในรูปอย่างง่ายแล้ว เป็นตัวแปรชนิดข้อความ

(6) กำหนดตัวแปร result:=if(formatans==formatsol,1,if(ans==sol,0.5,0)) สำหรับส่งผลที่ได้จากการตอบคำถาม

3) การสร้างปุ่มสำหรับการแสดงผลการตอบคำถาม

(1) สร้างตัวแปรชนิดบูลีน check:=false ซึ่งเป็นตัวแปรในการควบคุมการแสดงผลการตอบคำถาม

(2) สร้างปุ่มการทำงาน “ตรวจคำตอบ” โดยตั้งค่าดังนี้

Condition to Show Object: check==false

Script:

SetValue(check,true)

(3) ในส่วนของปุ่มการทำงาน “สุ่มโจทย์ใหม่” ให้ตั้งค่าเพิ่มเติมดังนี้

Condition to Show Object: check==true

Script:

UpdateConstruction()

SetValue(check,false)

(4) กำหนดตัวแปร solforshow:=surdtext(sol) เป็นตัวแปรสำหรับเก็บผลเฉลยที่จัดให้อยู่ในรูปอย่างง่ายแล้ว ไว้สำหรับแสดงผล

(5) สร้างกล่องข้อความสำหรับสะท้อนผลการตอบคำถาม ดังต่อไปนี้

- **ข้อความ**: “ถูกต้อง และสมบูรณ์ได้ 1 คะแนน”

  Condition to Show Object: result==1 && check==true

- **ข้อความ**: “ถูกต้อง แต่ยังไม่จัดให้อยู่ในรูปอย่างง่ายคือ <solforshow> ได้ 0.5 คะแนน”

Condition to Show Object: result==0.5 && check==true

- **ข้อความ**: “ไม่ถูกต้อง คำตอบที่ถูกต้องคือ <solforshow> ไม่ได้คะแนน”

Condition to Show Object: result==0 && check==true

(6) จะได้แบบทดสอบแบบสุ่มโจทย์ได้เบื้องต้น เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส ให้ตกแต่งและซ่อนสิ่งที่ไม่ต้องการแสดงผลตามความต้องการ

2.4.3 แนวทางในการนำชิ้นงานที่ออกแบบโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

1) ให้นักเรียนคลิกปุ่ม “สุ่มโจทย์ใหม่” เพื่อให้โปรแกรม GeoGebra สร้างโจทย์ใหม่แบบสุ่มโดยอัตโนมัติ

2) ให้นักเรียนป้อนคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง เมื่อต้องการตรวจสอบคำตอบให้คลิกปุ่ม “ตรวจคำตอบ”

3) โปรแกรมจะสะท้อนผลการตอบคำถามของนักเรียน ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- ถ้าคำตอบถูกต้อง และทำให้อยู่ในรูปอย่างง่าย จะได้ 1 คะแนน
- ถ้าคำตอบถูกต้อง แต่ไม่ได้อยู่ในรูปอย่างง่าย จะได้ 0.5 คะแนน
- ถ้าคำตอบไม่ถูกต้อง จะได้ 0 คะแนน

3. สื่อการเรียนรู้

3.1 โปรแกรม Zoom

3.2 ตัวอย่างชิ้นงานที่ออกแบบโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่นิสิตครูนำเสนอ

4. กิจกรรมการเรียนการสอน

4.1 ขั้นนำ (15 นาที)

4.1.1 ผู้สอนเปิดห้อง Main Room ในโปรแกรม Zoom ก่อนเวลาเรียนจริงประมาณ 5 - 10 นาที เพื่อให้นิสิตครูเข้าเรียนเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนถึงเวลาเรียนจริง

4.1.2 ผู้สอนชี้แจงเกี่ยวกับสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบนี้ ซึ่งเป็นการให้นิสิตครูนำเสนอถึงประเด็นเกี่ยวกับแนวทางการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการชั้นเรียน แนวทางการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และแนวทางการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

4.2 ขั้นสอน (100 นาที)

4.2.1 ผู้สอนให้นิสิตครูกลุ่มที่ได้รับมอบหมายให้นำเสนอเกี่ยวกับแนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการชั้นเรียน นำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับ การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการสร้างสื่อปฏิสัมพันธ์บนระบบออนไลน์ และการจัดการชั้นเรียนโดยใช้ GeoGebra Classroom โดยนิสิตครูที่เหลือลงมือฝึกปฏิบัติการใช้ระบบต่าง ๆ บนเว็บไซต์ https://www.geogebra.org ตามแนวทางของกลุ่มที่นำเสนอ และผู้สอนคอยให้คำแนะนำในการสร้างให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

4.2.2 ผู้สอนให้นิสิตครูกลุ่มที่ได้รับมอบหมายให้นำเสนอเกี่ยวกับแนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่สัมพันธ์กันแบบ ด้าน - มุม – ด้าน นำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับ จุดประสงค์การเรียนรู้ วิธีการหรือเทคนิคที่สำคัญในการออกแบบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ โดยเมื่อนิสิตครูนำเสนอเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนให้คำแนะนำในประเด็นต่าง ๆ ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ถ้ามี)

4.2.3 ผู้สอนให้นิสิตครูกลุ่มที่ได้รับมอบหมายให้นำเสนอเกี่ยวกับแนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน เรื่อง กราฟของพาราโบลา นำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับ จุดประสงค์การเรียนรู้ วิธีการหรือเทคนิคที่สำคัญในการออกแบบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ โดยเมื่อนิสิตครูนำเสนอเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนให้คำแนะนำในประเด็นต่าง ๆ ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ถ้ามี)

4.2.4 ผู้สอนให้นิสิตครูกลุ่มที่ได้รับมอบหมายให้นำเสนอเกี่ยวกับแนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส นำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับ จุดประสงค์การเรียนรู้ วิธีการหรือเทคนิคที่สำคัญในการออกแบบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และแนวทางในการนำชิ้นงานที่ออกแบบโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยเมื่อนิสิตครูนำเสนอเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนให้คำแนะนำในประเด็นต่าง ๆ ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ถ้ามี)

4.3 ขั้นสรุป (5 นาที)

เพื่อให้นิสิตครูร่วมกันสรุปแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ผู้สอนใช้คำถามว่า ในคาบเรียนนี้นิสิตครูได้เรียนรู้เกี่ยวกับแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในเรื่องอะไรบ้าง

[นิสิตครูควรตอบว่า: แนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการชั้นเรียน และแนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมสองรูปที่สัมพันธ์กันแบบ ด้าน - มุม – ด้าน และเรื่องกราฟของพาราโบลา และแนวทางการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส]

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในคาบเรียนนี้มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	**การวัดผล**	**การประเมินผล**
1. อธิบายวิธีการจัดการชั้นเรียนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ได้	**<u>วิธีวัดผล</u>** : พิจารณาจากการนำเสนอแนวทางการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการชั้นเรียนของนิสิตครู **<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนนการนำเสนอแนวทางการนำเสนอการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการชั้นเรียนของนิสิตครู	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : ในการนำเสนอของนิสิตครู - ถ้านำเสนอได้<u>ถูกต้องครบถ้วน</u> และ<u>ชัดเจน</u> จะได้ 3 คะแนน - ถ้านำเสนอได้<u>ถูกต้องบางส่วน</u> หรือ<u>ไม่ชัดเจนบางส่วน</u> จะได้ 2 คะแนน - ถ้านำเสนอได้<u>ถูกต้องบางส่วน</u> และ<u>ไม่ชัดเจน</u> จะได้ 1 คะแนน - ถ้านำเสนอไม่ถูกต้อง จะได้ 0 คะแนน **<u>เกณฑ์การประเมินผล</u>** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 2 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
2. อธิบายวิธีการสร้างสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้	**วิธีวัดผล** : พิจารณาจากการนำเสนอวิธีการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน **เครื่องมือวัดผล** : เกณฑ์การให้คะแนนการนำเสนอวิธีการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน	**เกณฑ์การให้คะแนน** : ในการนำเสนอวิธีการสร้างของนิสิตครู - ถ้านำเสนอได้ถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน จะได้ 3 คะแนน - ถ้านำเสนอได้ถูกต้องบางส่วน หรือไม่ชัดเจนบางส่วน จะได้ 2 คะแนน - ถ้านำเสนอได้ถูกต้องบางส่วน และไม่ชัดเจน จะได้ 1 คะแนน - ถ้านำเสนอไม่ถูกต้องเลย จะได้ 0 คะแนน **เกณฑ์การประเมินผล** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 2 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน
3. ระบุแนวทางในการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้	**วิธีวัดผล** : พิจารณาจากการนำเสนอแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนของนิสิตครู **เครื่องมือวัดผล** : เกณฑ์การให้คะแนนการนำเสนอแนวทางการนำสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนของนิสิตครู	**เกณฑ์การให้คะแนน** : พิจารณาจากประเด็นของการนำเสนอของนิสิตครู ใน 2 ประเด็นต่อไปนี้ ได้แก่ 1. บทบาทของนักเรียนในการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรม GeoGebra เพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ 2. บทบาทของครูในการใช้คำถามกระตุ้นและการเรียงลำดับกิจกรรมอย่างเหมาะสม โดยแต่ละประเด็นกำหนดการให้คะแนนดังนี้ - ถ้านำเสนอได้สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์และชัดเจน จะได้ 2 คะแนน - ถ้านำเสนอได้สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ แต่มีบางส่วนที่ไม่ชัดเจน จะได้ 1 คะแนน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
		- ถ้านำเสนอไม่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เลย จะได้ 0 คะแนน **<u>เกณฑ์การประเมินผล</u>** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 3 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน
4. อธิบายวิธีการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่กำหนดให้ได้	**<u>วิธีวัดผล</u>** : พิจารณาจากการนำเสนอวิธีการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ **<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนนการนำเสนอวิธีการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : ในการนำเสนอวิธีการสร้างของนิสิตครู - ถ้านำเสนอได้<u>ถูกต้องครบถ้วน</u> และ<u>ชัดเจน</u> จะได้ 3 คะแนน - ถ้านำเสนอได้<u>ถูกต้องบางส่วน</u> หรือ<u>ไม่ชัดเจนบางส่วน</u> จะได้ 2 คะแนน - ถ้านำเสนอได้<u>ถูกต้องบางส่วน</u> และ<u>ไม่ชัดเจน</u> จะได้ 1 คะแนน - ถ้านำเสนอไม่ถูกต้องเลย จะได้ 0 คะแนน **<u>เกณฑ์การประเมินผล</u>** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 2 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน
5. อธิบายแนวทางการนำตัวอย่างการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่	**<u>วิธีวัดผล</u>** : พิจารณาจากการนำเสนอแนวทางการนำการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครู	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : พิจารณาจากประเด็นของการนำเสนอของนิสิตครู ใน 3 ประเด็นต่อไปนี้ ได้แก่ 1. บทบาทของนักเรียนในการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรม GeoGebra ในการตอบคำถาม 2. บทบาทของโปรแกรม GeoGebra ในการสะท้อนผลการตอบคำถามของนักเรียน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
กำหนดไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนได้	**<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนนการนำเสนอแนวทางการนำการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครู	3. การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยแต่ละประเด็นกำหนดการให้คะแนนดังนี้ - ถ้านำเสนอได้ถูกต้องและชัดเจน จะได้ 2 คะแนน - ถ้านำเสนอได้ถูกต้อง แต่มีบางส่วนที่ไม่ชัดเจน จะได้ 1 คะแนน - ถ้านำเสนอไม่ถูกต้อง หรือไม่มีการนำเสนอ จะได้ 0 คะแนน **<u>เกณฑ์การประเมินผล</u>** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 4 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14

หัวข้อ : การฝึกการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน
เวลา : 2 ชั่วโมง

---

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้นิสิตครูสามารถ

1.1 บูรณาการความรู้ในการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม (TPACK ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา)

1.2 ออกแบบสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนปฏิสัมพันธ์กับสื่อการเรียนรู้ และมีการระบุขั้นตอนการทำกิจกรรม หรือใช้คำถามที่ทำให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ (TPACK ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน)

2. สาระการเรียนรู้

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ มีการออกแบบในลักษณะดังต่อไปนี้

1) นำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra มาออกแบบให้มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ ซึ่งทำให้โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทต่อการเรียนรู้ของนักเรียนที่แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ เช่น

- มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดภาพลักษณ์มโนทัศน์ จากการเรียนรู้ผ่านรูปภาพ หรือการเคลื่อนไหวของอ็อบเจกต์ในโปรแกรม

- ออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้สำรวจภายใต้สภาพแวดล้อมเรขาคณิตพลวัต (Dynamic Geometry Environment) ซึ่งสามารถช่วยทำให้นักเรียนเห็นตัวอย่างว่าข้อความคาดการณ์เป็นจริงในหลายกรณีอย่างรวดเร็วและแม่นยำ

- มีการใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ที่ทำให้เห็นตัวอย่างเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ของตัวแปรในฟังก์ชันที่หลากหลาย เป็นต้น

2) มีขั้นตอนการทำกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และมีความชัดเจน

3) มีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจจนบรรลุจุดประสงค์ของการเรียนรู้

3. สื่อการเรียนรู้

3.1 โปรแกรม Zoom

3.2 เว็บไซต์ https://www.geogebra.org หรือโปรแกรม GeoGebra Classic

3.3 ตัวอย่างแบบฟอร์มแผนการจัดการเรียนรู้

4. กิจกรรมการเรียนการสอน

4.1 ขั้นนำ (5 นาที)

4.1.1 ผู้สอนเปิดห้อง Main Room ในโปรแกรม Zoom ก่อนเวลาเรียนจริงประมาณ 5 - 10 นาที เพื่อให้นิสิตครูเข้าเรียนเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนถึงเวลาเรียนจริง

4.1.2 ผู้สอนชี้แจงเกี่ยวกับสิ่งที่จะได้เรียนรู้ในคาบนี้ ซึ่งเป็นการนำเสนอการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

4.2 ขั้นสอน (110 นาที)

4.2.1 นิสิตครูนำเสนอผลการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในประเด็นต่อไปนี้

1) การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

2) การออกแบบสื่อการเรียนรู้ในโปรแกรม GeoGebra

3) แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามสื่อการเรียนรู้

4.2.2 ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะจากการนำเสนอผลการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนิสิตครู

4.3 ขั้นสรุป (5 นาที)

ผู้สอนถามนิสิตครู เพื่อสรุปเกี่ยวกับการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร

[นิสิตครูควรตอบว่า :

1) มีการนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra มาออกแบบให้มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ ซึ่งทำให้โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทต่อการเรียนรู้ของนักเรียนที่แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ เช่น

- มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดภาพลักษณ์มโนทัศน์ จากการเรียนรู้ผ่านรูปภาพหรือการเคลื่อนไหวของอ็อบเจกต์ในโปรแกรม

- ออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้สำรวจภายใต้สภาพแวดล้อมเรขาคณิตพลวัต ซึ่งสามารถช่วยทำให้นักเรียนเห็นตัวอย่างว่าข้อความคาดการณ์เป็นจริงในหลายกรณีอย่างรวดเร็วและแม่นยำ

- มีการใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ ที่ทำให้เห็นตัวอย่างเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ของตัวแปรในฟังก์ชันที่หลากหลาย เป็นต้น

2) มีขั้นตอนการทำกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และมีความชัดเจน

3) มีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจจนบรรลุจุดประสงค์ของการเรียนรู้]

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ในคาบเรียนนี้มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดผลและประเมินผล	**การวัดผล**	**การประเมินผล**
1. บูรณาการความรู้ในการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม	**<u>วิธีวัดผล</u>** : พิจารณาจากความถูกต้องของการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra และความถูกต้องของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ในชิ้นงานที่นิสิตครูสร้างขึ้น **<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : - ระบุในเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา **<u>เกณฑ์การประเมินผล</u>** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 4 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดผลและประเมินผล	**การวัดผล**	**การประเมินผล**
2. ออกแบบสื่อการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนปฏิสัมพันธ์กับสื่อการเรียนรู้ และมีการระบุขั้นตอนการทำกิจกรรมหรือใช้คำถามที่ทำให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้	**<u>วิธีวัดผล</u>** : พิจารณาจากลักษณะของชิ้นงานที่ออกแบบในโปรแกรม GeoGebra และแผนการจัดการเรียนรู้ที่นิสิตครูออกแบบขึ้น **<u>เครื่องมือวัดผล</u>** : เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน	**<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** : - ระบุในเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน **<u>เกณฑ์การประเมินผล</u>** : - ถ้านิสิตครูได้คะแนนตั้งแต่ 5 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่าน

ภาคผนวก ญ
เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครู

ตาราง 32 เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา

	ระดับคะแนน			
	0	1	2	3
1. **ด้านการใช้เครื่องมือในโปรแกรม** GeoGebra	นิสิตครูไม่สามารถใช้เครื่องมือหรือคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างและแสดงผลได้อย่างถูกต้อง หรือใช้ได้ถูกต้องน้อยกว่า 1 ใน 3 ของสื่อการเรียนรู้ทั้งหมด	นิสิตครูสามารถใช้เครื่องมือหรือคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างและแสดงผลได้ถูกต้องบางส่วน กล่าวคือ ตั้งแต่ 1 ใน 3 ถึง 2 ใน 3 ของสื่อการเรียนรู้ทั้งหมด	นิสิตครูสามารถใช้เครื่องมือหรือคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างและแสดงผลได้ถูกต้องตั้งแต่ 2 ใน 3 ขึ้นไปของสื่อการเรียนรู้ทั้งหมดโดยอาจมีจุดผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์เพียงเล็กน้อย	นิสิตครูสามารถใช้เครื่องมือหรือคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างและแสดงผลได้ถูกต้องและสมบูรณ์
2. **ด้านการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์**	นิสิตครูสร้างสื่อการเรียนรู้ที่มีการนำเสนอสาระสำคัญของบทเรียนไม่ถูกต้อง	นิสิตครูสร้างสื่อการเรียนรู้ที่มีการนำเสนอเนื้อหาที่ถูกต้องบางส่วน กล่าวคือ ตั้งแต่ 1 ใน 3 ถึง 2 ใน 3 ของสื่อการเรียนรู้ทั้งหมด	นิสิตครูสร้างสื่อการเรียนรู้ที่มีการนำเสนอเนื้อหาที่ถูกต้องตั้งแต่ 2 ใน 3 ขึ้นไปของสื่อการเรียนรู้ทั้งหมด โดยอาจมีจุดผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์เพียงเล็กน้อย	นิสิตครูสร้างสื่อการเรียนรู้ที่มีการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์

ตาราง 33 เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ ด้านการบูรณาการความรู้ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
1. **ด้านการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน**	นิสิตครูกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ไม่ชัดเจน	นิสิตครูกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ชัดเจนบางส่วน	นิสิตครูกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ชัดเจนทั้งหมด
2. **ด้านความสอดคล้องของเนื้อหาสาระในสื่อการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้**	นิสิตครูสร้างสื่อการเรียนรู้โดยเนื้อหาสาระในสื่อการเรียนรู้ในโปรแกรม GeoGebra ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	นิสิตครูสร้างสื่อการเรียนรู้โดยเนื้อหาสาระในสื่อการเรียนรู้ในโปรแกรม GeoGebra มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้บางส่วน	นิสิตครูสร้างสื่อการเรียนรู้โดยเนื้อหาสาระในสื่อการเรียนรู้โปรแกรม GeoGebra มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
3. **ด้านลักษณะของสื่อการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์**	สื่อการเรียนรู้ไม่มีส่วนใดที่นักเรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับสื่อเพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ได้	สื่อการเรียนรู้มีส่วนที่นักเรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับสื่อ แต่ลำดับการแสดงผลมีการนำเสนอสาระสำคัญของบทเรียนก่อนที่จะให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้หรือสรุปผลที่ได้จากการสำรวจสื่อการเรียนรู้	สื่อการเรียนรู้มีส่วนที่นักเรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับสื่อโดยมีการลำดับการแสดงผลได้อย่างเหมาะสม นั่นคือมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนสำรวจหรือปฏิสัมพันธ์กับสื่อก่อน แล้วจึงแสดงสาระสำคัญของบทเรียนเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบผลการปฏิสัมพันธ์กับสื่อ

ตาราง 33 (ต่อ)

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
4. **ด้านการระบุกิจกรรมการเรียนการสอนในแผนการจัดการเรียนรู้**	นิสิตครูไม่ระบุบทบาทของสื่อการเรียนรู้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน	นิสิตครูมีการระบุบทบาทของสื่อการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอน แต่ไม่มีการระบุคำถามในการทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง หรือมีการระบุข้อคำถามที่ไม่ชัดเจน	นิสิตครูมีการระบุบทบาทของสื่อการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอน โดยมีการระบุคำถามในการทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างชัดเจน

ตาราง 34 เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
1. **ด้านการกำหนดจุดประสงค์และเกณฑ์การวัดและประเมินผลการเรียนรู้**	นิสิตครูไม่สามารถกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และเกณฑ์การให้คะแนนได้	นิสิตครูกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และเกณฑ์การให้คะแนนได้ชัดเจนบางส่วน	นิสิตครูกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และเกณฑ์การให้คะแนนชัดเจน
2. **ด้านการสร้างข้อคำถามในกิจกรรมการวัดและประเมินผลการเรียนรู้**	นิสิตครูไม่สามารถสร้างข้อคำถามประกอบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในโปรแกรม GeoGebra ได้ หรือสร้างข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	นิสิตครูสามารถสร้างข้อคำถามประกอบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในโปรแกรม GeoGebra ได้ แต่ข้อคำถามไม่สามารถสุ่มได้ หรือสุ่มได้แต่ไม่ครอบคลุมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	นิสิตครูสามารถสร้างข้อคำถามประกอบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในโปรแกรม GeoGebra ที่สุ่มได้ครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล
3. **ด้านการใช้สคริปต์หรือคำสั่งในการแสดงผลเพื่อสะท้อนผลการทำงานของนักเรียน**	นิสิตครูไม่สามารถใช้สคริปต์และคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการแสดงผลการทำงานของนักเรียนตามเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนดได้	นิสิตครูสามารถใช้สคริปต์หรือคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการแสดงผลการทำงานของนักเรียนตามเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนดได้บางส่วน	นิสิตครูสามารถใช้สคริปต์หรือคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra เพื่อใช้ในการแสดงผลการทำงานของนักเรียนตามเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนดได้ถูกต้องและสมบูรณ์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วีริศ กิตติวรากูล	
วัน เดือน ปี เกิด	22 กรกฎาคม 2536	
สถานที่เกิด	ชุมพร	
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2555	มัธยมศึกษา โรงเรียนศรียาภัย จังหวัดชุมพร
	พ.ศ. 2560	การศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.) เกียรตินิยมอันดับ 1 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	พ.ศ. 2562	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	พ.ศ. 2565	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (กศ.ด.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	165/6 หมู่ 5 ตำบลศรีสุนทร อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต 83110	