# ผลของการจัดการเรียนการสอนความรู้ด้านเทคโนโลยีที่มีต่อ TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ที่มีความรู้ด้านวิธีสอนและความรู้ด้านเนื้อหา

**วีริศ กิตติวรากูล[1*] ขวัญ เพียซ้าย[2] สุกัญญา หะยีสาและ[2]**
**เอนก จันทรจรูญ[2] และธีรศักดิ์ ฉลาดการณ์[2]**

[1]สาขาวิชาคณิตศาสตร์ และ [2]ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วัฒนา กรุงเทพฯ 10110
[*]E-mail: veeris.kitt@gmail.com

**รับบทความ: 6 พฤษภาคม 2565 แก้ไขบทความ: 5 มกราคม 2566 ยอมรับตีพิมพ์: 18 มีนาคม 2566**

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา (TPACK) ใน 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา (TCK) 2) ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน (TPACK–1) และ 3) ด้านออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (TPACK–2) กลุ่มเป้าหมายเป็นนิสิตครูคณิตศาสตร์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 31 คน ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง โดยเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเจาะจงซึ่งเป็นนิสิตครูที่มีความรู้ด้านวิธีสอน (PK) และความรู้ด้านเนื้อหา (CK) การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดกรอบแนวคิดในการประเมิน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนความรู้ด้านเทคโนโลยี ขั้นตอนที่ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูล และขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการประเมินจากแผนการจัดการเรียนรู้และชิ้นงานที่นิสิตครูกลุ่มเป้าหมายออกแบบขึ้น ตามเกณฑ์การประเมิน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ ซึ่งมีการกำหนดเกณฑ์การผ่านในแต่ละด้านโดยคิดจากคะแนนเฉลี่ยของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่ร้อยละ 75 จากคะแนนเต็มในแต่ละด้าน ผลการวิจัยพบว่า 1) ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา (TCK) มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 82.83 ซึ่งผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด 2) ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน (TPACK–1) มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 64.88 ซึ่งไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด และ 3) ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (TPACK–2) มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 51.00 ซึ่งไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

**คำสำคัญ:** ความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหา ทีแพค นิสิตครูคณิตศาสตร์

# Result of Teaching Technological Knowledge for TPACK of Pre–Service Mathematics Teachers with Pedagogical Knowledge and Content Knowledge

**Veeris Kittivarakul[1*], Khawn Piasai[2], Sukanya Hajisalah[2], Anek Janjaroon[2] and Teerasak Chaladgarn[2]**

[1]Program Study of Mathematics, and [2]Department of Mathematics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Wattana, Bangkok 10110, Thailand

[*]E-mail: veeris.kitt@gmail.com

**Received: 6 May 2022 Revised: 5 January 2023 Accepted: 18 March 2023**

**Abstract**

This research project aimed to study pre–service mathematics teachers' Technological pedagogical content knowledge (TPACK) in 3 of the following categories: 1) The integration between technological knowledge and content knowledge category (TCK) 2) The designing learning activities in mathematics by using the technology category (TPACK–1) and 3) The designing measurement and evaluation in mathematics learning by using the technology category (TPACK–2). The study participants consisted of 31 fourth–year students who were enrolled in the Mathematics Education program at a university in Bangkok, Thailand. The study group was identified and selected by using purposive sampling from whom have Pedagogical Knowledge (PK), and Content Knowledge (CK). The research methods consisted of 5 processes: 1) Created the framework to evaluate pre-service mathematics teachers' TPACK, 2) Selected the study group in this research, 3) Taught the study group for Technological Knowledge, 4) Collected the data, and 5) Analyzed the data by evaluating the pre–service mathematics teachers' lesson plans and instruments using a mean score of 75% as the passing criteria score for each category in the pre–service mathematics teachers' TPACK rubric. The research findings revealed that: 1) the mean score of the integration between technological knowledge and content knowledge category (TCK) was 82.83% which passed the criteria 2) the mean score of the designing learning activities in mathematics by using the technology category (TPACK–1) was 64.88% which did not pass the criteria and 3) the mean score of the designing

measurement and evaluation in mathematics learning by using the technology category (TPACK–2) was 51.00% which did not pass the criteria.

**Keywords:** Technological pedagogical content knowledge, TPACK, Pre–service mathematics teachers

**บทนำ**

การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบัน มีการนำเทคโนโลยีมาใช้อย่างแพร่หลาย สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 2014) ระบุว่า เทคโนโลยีเป็นสิ่งที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เนื่องจากเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ สำหรับในประเทศไทย หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (Ministry of Education, 2008) ได้ระบุความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นหนึ่งในสมรรถนะที่สำคัญของผู้เรียน และในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (Ministry of Education, 2017) ได้กล่าวถึงในคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไว้ข้อหนึ่งว่า มีความรู้ความเข้าใจทางเรขาคณิตและใช้เครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตอื่น ๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิตตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

จากบทบาทของเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบัน ส่งผลให้คุณลักษณะที่สำคัญของครูคณิตศาสตร์อย่างหนึ่ง คือการมีความสามารถในการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม ซึ่งครูที่มีคุณลักษณะนี้ จะเป็นผู้ที่ส่งเสริมให้การเรียนรู้หรือการทำความเข้าใจคณิตศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องต่าง ๆ มีความถูกต้องชัดเจนและเป็นรูปธรรม (Koehler *et al*., 2013) ดังนั้นเพื่อให้การเรียนการสอนในชั้นเรียนมีประสิทธิภาพและบรรลุวัตถุประสงค์ ครูที่มีคุณลักษณะดังกล่าว จะต้องมีความสามารถในการบูรณาการความรู้ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge: TK) เป็นความรู้ที่เกี่ยวกับหลักการและคุณลักษณะของต่าง ๆ ของเทคโนโลยี 2) ความรู้ด้านวิธีสอน (Pedagogical Knowledge: PK) เป็นความรู้เกี่ยวกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผล ทฤษฎีที่เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนและวิธีการสอน และ 3) ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge: CK) เป็นความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเฉพาะที่ครูจะต้องนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้านนี้เรียกว่า TPACK (Technological pedagogical content knowledge) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาวิชาชีพครูด้านการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพ (Koehler and Mishra, 2009)

สำหรับมาตรฐาน TPACK ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของครู Niess *et al*. (2009) ได้แบ่งพิจารณาออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1)

ด้านหลักสูตรและการประเมิน พิจารณาจากความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร และเนื้อหาของครู รวมถึงการออกแบบการประเมินที่สามารถสะท้อนถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ 2) ด้านการเรียนรู้ พิจารณาจากความสามารถในออกแบบการเรียบเรียงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม และเลือกใช้เทคโนโลยีในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน 3) ด้านการสอน พิจารณาจากการออกแบบการใช้วิธีและเทคนิคการสอนที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี และ 4) ด้านการเข้าถึง พิจารณาจากบทบาทของเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนของครู

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่สะท้อนให้เห็นว่า ครูคณิตศาสตร์ยังไม่สามารถนำเทคโนโลยีมาบูรณาการใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ Aksan and Eryilmaz (2011) ที่ได้สำรวจสาเหตุที่ครูคณิตศาสตร์ไม่สามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า สาเหตุเกิดจากการที่ครูไม่มีความสามารถและความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยี และไม่เห็นแนวทางของการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน และ Adulyasas and Yathikul (2016) ที่ใช้แบบสอบถามวัดระดับ TPACK ของครูคณิตศาสตร์ใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ ผลการวิจัยพบว่า TPACK ของครูคณิตศาสตร์ในภาพรวมยังอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งผลการวิจัยข้างต้น สอดคล้องกับ Kafyulilo and Fisser (2019) ที่กล่าวว่าครูคณิตศาสตร์ในปัจจุบันแม้จะมีความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหาที่เพียงพอ แต่ครูยังขาดประสบการณ์ และโอกาสในการบูรณาการในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ส่งผลให้ครูขาดความรู้ความเข้าใจในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การส่งเสริมให้ครูคณิตศาสตร์สามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีงานวิจัยหลายงานได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การทำให้ครูคณิตศาสตร์มี TPACK นั้น ควรเริ่มต้นการเสริมสร้าง TPACK ตั้งแต่กระบวนการฝึกหัดครูในระดับมหาวิทยาลัย เนื่องจากเป็นโอกาสสำคัญที่จะเตรียมพื้นฐานและเสริมสร้างประสบการณ์ให้ครูได้เริ่มต้นฝึกหัดการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเต็มศักยภาพ (Adulyasas and Yathikul, 2017)

เพื่อศึกษาถึงแนวทางในการประเมิน TPACK ของนิสิตครู ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเกี่ยวกับการศึกษา TPACK ของนิสิตครูในระดับมหาวิทยาลัย พบว่างานวิจัยในประเทศส่วนใหญ่ใช้แบบสอบถามเพื่อสำรวจในประเด็นเบื้องต้นเกี่ยวกับ TPACK นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน TPACK จากแผนการจัดการเรียนรู้ และพบว่ามีงานวิจัยส่วนหนึ่งที่มีการแบ่งองค์ประกอบในการประเมิน TPACK จากแผนการจัดการเรียนรู้ ดังแสดงในตาราง 1

สำหรับในงานวิจัยนี้ นิสิตครูกลุ่มเป้าหมายเป็นนิสิตครูชั้นปีที่ 4 ที่ได้ผ่านการเรียนในรายวิชาที่ทำให้มีความรู้ด้านวิธีสอนและความรู้ด้านเนื้อหามาแล้ว ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงดำเนินการจัดการเรียนการสอนความรู้ด้านเทคโนโลยีให้

**ตาราง 1** งานวิจัยที่เกี่ยวกับการแบ่งองค์ประกอบในการประเมิน TPACK จากแผนการจัดการเรียนรู้

| งานวิจัยของ | องค์ประกอบของ TPACK |
|---|---|
| Suharwoto (2006) | – แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ด้านการลำดับเนื้อหาของการสอน และด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน |
| So and Kim (2009) | – แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบการสอน และด้านการออกแบบเทคโนโลยี |
| Harris *et al*. (2010) | – แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านจุดประสงค์และการใช้เทคโนโลยี ด้านวิธีการสอนและการใช้เทคโนโลยี ด้านการเลือกใช้เทคโนโลยี และด้านความเข้ากันได้ของเนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยี |
| Adulyasas and Yathikul (2017) | – ใช้รูปแบบการพัฒนา TPACK ของ Niess *et al*. (2009) ซึ่งแบ่งระดับการพัฒนา TPACK ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ การรู้จัก การยอมรับ การปรับตัว การสำรวจ และการพัฒนา |
| Prongsamrong *et al*. (2018) | – แบ่งออกเป็น 7 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ในเทคโนโลยี ความรู้ในศาสตร์การสอน ความรู้ในเนื้อหา ความรู้ในเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี ความรู้ในศาสตร์การสอนผนวกเนื้อหา ความรู้ในศาสตร์การสอนผนวกเทคโนโลยี และความรู้ในศาสตร์การสอนผนวกเนื้อหาด้วยการใช้เทคโนโลยี |

กับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้นิสิตครูกลุ่มเป้าหมายมีความรู้ครบทั้ง 3 ด้าน แล้วจึงศึกษา TPACK ของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายเบื้องต้น ก่อนการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นิสิตครูได้บูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้าน เพื่อพิจารณาว่านิสิตครูที่มีความรู้ทั้ง 3 ด้าน แต่ยังไม่ได้รับการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้านจะมี TPACK เป็นอย่างไร

ในการจัดการเรียนการสอนความรู้ด้านเทคโนโลยี ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม GeoGebra เนื่องจาก โปรแกรมนี้มีความสามารถในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อนำเสนอเนื้อหาให้มีความสอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์ได้ในหลายสาระการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษา (Septian and Prabawanto, 2020) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา (technological content knowledge: TCK) อีกทั้งมีความเหมาะสมในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ โดยการออกแบบสื่อการเรียนรู้ให้มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ มุ่งเน้นให้นักเรียนทำกิจกรรมการสำรวจ สืบค้น เพื่อให้นักเรียนค้นพบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง (Harrington, 2022) และสามารถใช้คุณสมบัติของ GeoGebra's Javascript ในการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ เพื่อสร้างข้อคำถามแบบสุ่ม และสะท้อนผลการทำงานของนักเรียนได้ (Dikovic, 2009) จะเห็นได้ว่า จากคุณสมบัติในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่กล่าวมานี้ มีความสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ TPACK เพราะนิสิตครูจะต้องบูรณาการความรู้ในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม GeoGebra เพื่อออกแบบการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์และออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รวมถึงนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้นในด้านบริบทของกลุ่มเป้าหมาย และบริบทของเทคโนโลยีที่ใช้ในการศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ โปรแกรม GeoGebra

ผู้วิจัยจึงแบ่งองค์ประกอบในการประเมิน TPACK ของนิสิตครูออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1) ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา (TCK) หมายถึง ความสามารถของนิสิตครูในการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

2) ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน (TPACK–1) หมายถึง ความสามารถของนิสิตครูในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มีลักษณะคือ มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ได้ชัดเจน เนื้อหาสาระในสื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้มีลักษณะที่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ กล่าวคือเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ มีลักษณะที่สามารถทำให้นักเรียนได้สำรวจหรือสังเกตองค์ประกอบในสื่อการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ และมีการระบุบทบาทของการใช้สื่อ รวมทั้งข้อคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างชัดเจน

3) ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (TPACK–2) หมายถึง ความสามารถของนิสิตครูในการนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ได้แก่ ความสามารถในการสุ่มข้อคำถาม และการใช้คำสั่งเพื่อการสะท้อนผลการทำงานของนักเรียนไปใช้ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนความรู้ด้านเทคโนโลยีที่มีต่อ TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ที่มีความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา ผลการศึกษานี้จะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อนำมาใช้กำหนดแนวทางและวางแผนหลักสูตรหรือรายวิชาในการผลิตครูคณิตศาสตร์ให้เป็นผู้ที่สามารถบูรณาการเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

## วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกรอบแนวคิดในการประเมิน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์**

ผู้วิจัยวิเคราะห์ สังเคราะห์ องค์ประกอบต่าง ๆ ของ TPACK จากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ แล้วพิจารณาถึงบริบทของการศึกษาในงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นการศึกษากับนิสิตครูคณิตศาสตร์ในรายวิชาที่เน้นการใช้เทคโนโลยีคือโปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากนั้นกำหนดองค์ประกอบและสร้างเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ จากบริบทของลักษณะของกลุ่มเป้าหมายและกรอบแนวคิดของความรู้ด้านเทคโนโลยีในงานวิจัยนี้ คือ โปรแกรม GeoGebra เมื่อได้องค์ประกอบและเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์แล้ว ผู้วิจัยเสนอเกณฑ์การให้คะแนนให้กับอาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาถึงความเหมาะสม จากนั้นปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา เมื่อได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ผู้วิจัยนำเกณฑ์การให้คะแนนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงอีกครั้ง ซึ่งหลังจากการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทำให้ได้เกณฑ์การให้

คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา (TCK) 2) ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน (TPACK–1) และ 3) ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (TPACK–2) ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของเกณฑ์การให้คะแนนดังตาราง 2–4

**ขั้นตอนที่ 2 กำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย**

ผู้วิจัยทำการคัดเลือกนิสิตครูที่มีความรู้ 2 ด้านต่อไปนี้ ได้แก่ 1) ความรู้ด้านวิธีสอน หมายถึง ความรู้ที่เกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร วิทยาการจัดการเรียนรู้ จิตวิทยาสำหรับครู และการวัดและประเมินผล และ 2) ความรู้ด้านเนื้อหา หมายถึง ความรู้ที่เกี่ยวกับเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา ทำให้ได้กลุ่มเป้าหมายเป็นนิสิตครูคณิตศาสตร์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 31 คน ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ซึ่งได้ผ่านการเรียนรายวิชาทางด้านการศึกษา และรายวิชาเฉพาะจนมีความรู้ทั้ง 2 ด้านดังกล่าวแล้ว

**ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนความรู้ด้านเทคโนโลยี**

เพื่อให้นิสิตครูมีความรู้ด้านเทคโนโลยี ผู้วิจัยจึงได้จัดการเรียนการสอนความรู้ด้านเทคโนโลยี ในที่นี้ คือ การใช้โปรแกรม GeoGebra โดยมีขอบเขตของเนื้อหาเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ได้แก่ การใช้เครื่องมือการสร้างทางเรขาคณิต การใช้ระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ การใช้ตารางการทำงาน การเขียนกราฟ และการใช้ GeoGebra's Javascript เบื้องต้น ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา โดยกำหนดการจัดการเรียนการสอนจำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง โดยใช้เวลาเรียนในคาบเรียนปกติ

**ตาราง 2** เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา (TCK)

| ด้านที่ | ระดับคะแนน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1. ด้านการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra | ไม่สามารถใช้เครื่องมือหรือคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างและแสดงผลได้อย่างถูกต้อง หรือใช้ได้ถูกต้องน้อยกว่า 1 ใน 3 ของสื่อการเรียนรู้ทั้งหมด | สามารถใช้เครื่องมือหรือคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างและแสดงผลได้ถูกต้องบางส่วน กล่าวคือ ตั้งแต่ 1 ใน 3 ถึง 2 ใน 3 ของสื่อการเรียนรู้ทั้งหมด | สามารถใช้เครื่องมือหรือคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างและแสดงผลได้ถูกต้องตั้งแต่ 2 ใน 3 ขึ้นไปของสื่อการเรียนรู้ทั้งหมดโดยอาจมีจุดผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์เพียงเล็กน้อย | สามารถใช้เครื่องมือหรือคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra ในการสร้างและแสดงผลได้ถูกต้องและสมบูรณ์ |
| 2. ด้านการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ | สื่อการเรียนรู้มีการนำเสนอสาระสำคัญของบทเรียนไม่ถูกต้อง | สื่อการเรียนรู้มีการนำเสนอเนื้อหาที่ถูกต้องบางส่วน กล่าวคือ ตั้งแต่ 1 ใน 3 ถึง 2 ใน 3 ของทั้งหมด | สื่อการเรียนรู้มีการนำเสนอเนื้อหาที่ถูกต้องตั้งแต่ 2 ใน 3 ขึ้นไปของทั้งหมด | สื่อการเรียนรู้มีการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์ |

**ตาราง 3** เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน (TPACK–1)

| ด้านที่ | 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 | สื่อการเรียนรู้มีส่วนที่นักเรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับสื่อ โดยมีการลำดับการแสดงผลได้อย่างเหมาะสม นั่นคือ มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนสำรวจหรือปฏิสัมพันธ์กับสื่อก่อน แล้วจึงแสดงสาระสำคัญของบทเรียนเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบผลการปฏิสัมพันธ์กับสื่อ |
| 4. ด้านการระบุกิจกรรมการเรียนการสอนในแผนการจัดการเรียนรู้ | นิสิตครูไม่ระบุบทบาทของสื่อการเรียนรู้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน | นิสิตครูมีการระบุบทบาทของสื่อการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอน แต่ไม่มีการระบุคำถามในการทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง หรือมีการระบุข้อคำถามที่ไม่ชัดเจน | นิสิตครูมีการระบุบทบาทของสื่อการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอน โดยมีการระบุคำถามในการทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างชัดเจน |

**ขั้นตอนที่ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูล**

เนื่องจากนิสิตครูมีความรู้ด้านวิธีสอนและความรู้ด้านเนื้อหา จากการกำหนดกลุ่มเป้าหมายในการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 2 และนิสิตครูมีความรู้ด้านเทคโนโลยีจากการจัดการเรียนการสอนในขั้นตอนที่ 3 ของการดำเนินการวิจัย ในขั้นนี้ผู้วิจัยจึงได้มอบหมายงานปฏิบัติเรื่อง การออกแบบแผนการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้กับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ในเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตามหัวข้อที่สนใจ โดยให้ส่งชิ้นงานผ่านระบบออนไลน์

**ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้และชิ้นงานที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้น มาประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ จากนั้นนำคะแนนของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้ง-

**ตาราง 4** เกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (TPACK–2)

| | 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 |

หมดมาหาค่าเฉลี่ย โดยกำหนดเกณฑ์การผ่านในแต่ละด้านที่ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มในแต่ละด้าน ซึ่งเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำในการประเมินเนื้อหาสาระที่ต้องใช้เวลาในการฝึกฝนและพัฒนา อีกทั้งยังเป็นเกณฑ์สำหรับการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ (Promwong, 2013) ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินลักษณะของชิ้นงานที่นิสิตครูกลุ่มเป้าหมายได้ออกแบบขึ้นในงานวิจัยนี้ ที่มีลักษณะเป็นสื่อการเรียนรู้ และในกระบวนการออกแบบชิ้นงานของนิสิตครูให้มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องใช้ทักษะและประสบการณ์ในการฝึกฝนเป็นอย่างมาก

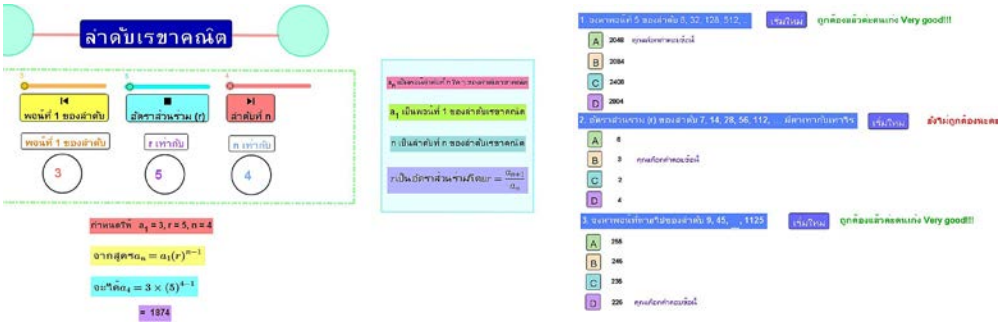
**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากแผนการจัดการเรียนรู้และชิ้นงานที่นิสิตครูได้ออกแบบขึ้นจำนวน 31 คน แล้วประเมินเป็นระดับคะแนน TPACK ตามเกณฑ์การให้คะแนน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์แต่ละด้าน สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละด้านโดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากคะแนนที่ได้จากนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายทั้ง 31 คน และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยยกตัวอย่างผลงานของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายจำนวน 2 คน ซึ่งเป็นตัวอย่างของชิ้นงานของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่สะท้อนถึง TPACK แต่ละด้านที่แตกต่างกัน โดยใช้นามสมมติว่า อลิส และบ๊อบ ดังนี้

1. ด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา (TCK) พบว่า นิสิตครูมีคะแนนเฉลี่ย 4.97 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 82.83) และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

0.99 คะแนน ซึ่งนิสิตครูส่วนใหญ่มีความคลาดเคลื่อนในประเด็นของการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra และการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ โดยในที่นี้ ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างชิ้นงานของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายจำนวน 2 คน ที่มีลักษณะดังกล่าว ดังต่อไปนี้

คนที่ 1 ในที่นี้ใช้นามสมมติว่า อลิส เป็นตัวอย่างของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีความคลาดเคลื่อนในการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra โดยได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อเรื่อง ลำดับเรขาคณิต ซึ่งได้สร้างชิ้นงานดังภาพที่ 1(ก) จากชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra จะพบว่า มีการนำเสนอสูตรของลำดับเรขาคณิตได้อย่างถูกต้อง แต่มีการใช้สไลเดอร์ในการกำหนดพจน์ที่ 1 และอัตราส่วนร่วมที่มีข้อจำกัดคือสามารถปรับให้แสดงผลให้เป็นได้แค่จำนวนเต็มบวกเท่านั้น ซึ่งจากการสอบถามเพิ่มเติมพบว่า อลิสมีข้อจำกัดด้านการใช้โปรแกรม GeoGebra และตระหนักถึงปัญหานี้ดี ดังนั้นในส่วนนี้อลิสจึงมีข้อจำกัดในเรื่องการใช้เครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra บางส่วนแต่สามารถนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง จึงทำให้ชิ้นงานนี้ได้คะแนนด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา 4 คะแนนจากคะแนนเต็ม 6 คะแนน

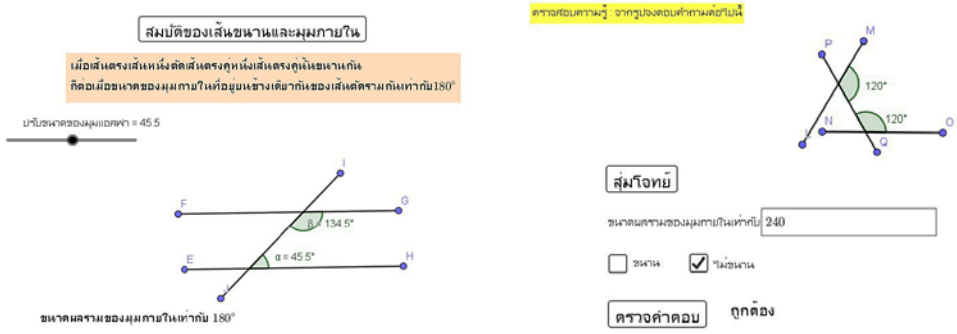



(ก) (ข)

**ภาพที่ 1** ชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra เรื่อง “ลำดับเรขาคณิต” ของอลิส

คนที่ 2 ในที่นี้ใช้นามสมมติว่า บ๊อบ เป็นตัวอย่างของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่มีความคลาดเคลื่อนในการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ โดยได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อเรื่อง เส้นขนานและมุมภายใน ซึ่งได้สร้างชิ้นงานดังในภาพที่ 2(ก) จากชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra จะพบว่า มีการนำเสนอสมบัติของเส้นขนานและมุมภายในที่ว่า เมื่อเส้นตรงเส้นหนึ่งตัดเส้นตรงคู่หนึ่งเส้นตรงคู่นั้นขนานกันก็ต่อเมื่อขนาดของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดเท่ากับ 180 องศา แต่ถ้าพิจารณาจากลำดับการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ในชิ้นงานจะพบว่า มีความสอดคล้องกับสมบัติที่ว่า ถ้าเส้นตรงเส้นหนึ่งตัดเส้นตรงคู่หนึ่งที่ขนานกัน แล้วขนาดของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดรวมกันเท่ากับ 180 องศา เนื่องจากในสื่อชิ้นนี้จะมีการกำหนดเส้นตรงสองเส้นที่ขนานกันและมีเส้นตัดมาก่อน แล้วให้นักเรียนสร้างข้อความคาดการณ์จากการสังเกตผลรวมของมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัด ซึ่งจากการสอบ-

ถามเพิ่มเติมพบว่า ในส่วนนี้บ๊อบ ไม่ได้คำนึงถึงการลำดับการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับหลักการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตามบ๊อบสามารถใช้เครื่องมือในโปรแกรมเพื่อนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ จึงทำให้ชิ้นงานนี้ได้คะแนนด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา 5 คะแนนจากคะแนนเต็ม 6 คะแนน




(ก) (ข)

**ภาพที่ 2** ชิ้นงานโปรแกรม GeoGebra เรื่อง “เส้นขนานและมุมภายใน” ของบ๊อบ

2. ด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน (TPACK–1) พบว่า นิสิตครูมีคะแนนเฉลี่ย 5.19 คะแนน จากคะแนนเต็ม 8 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 64.88) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.69 คะแนน ซึ่งมีนิสิตครูบางส่วนออกแบบการจัดการเรียนการสอนในโปรแกรม GeoGebra ให้มีลักษณะเป็นสื่อปฏิสัมพันธ์ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และมีนิสิตครูบางส่วนไม่สามารถออกแบบการจัดการเรียนการสอนในโปรแกรม GeoGebra เพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ โดยในที่นี้ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างชิ้นงานของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายจำนวน 2 คนที่มีลักษณะที่แตกต่างกันข้างต้น ดังต่อไปนี้

คนที่ 1 ในที่นี้ใช้นามสมมติว่า อลิส เป็นตัวอย่างของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ที่ออกแบบการจัดการเรียนการสอน เรื่องลำดับเรขาคณิต โดยมีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ว่า “เพื่อให้นักเรียนสามารถหาพจน์ที่ n ของลำดับเรขาคณิตจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้ และเพื่อให้นักเรียนสามารถหาอัตราส่วนร่วมของลำดับเรขาคณิตจากข้อมูลที่กำหนดให้” ซึ่งมีความชัดเจน และสอดคล้องกับเนื้อหาสาระในแผนการจัดการเรียนรู้ ในส่วนของการระบุกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ อลิสระบุในแผนการจัดการเรียนรู้ว่า “ครูใช้โปรแกรม GeoGebra แสดงตัวอย่างการคำนวณหาพจน์ที่ n ของลำดับเรขาคณิต” โดยจากการสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมพบว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน อลิสจะบอกสูตรการหาพจน์ที่ n ของลำดับเรขาคณิตให้กับนักเรียนก่อน แล้วจึงแสดงตัวอย่างการคำนวณจากสื่อดังภาพที่ 1(ก) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อลิสสามารถดึงคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในด้านการสุ่มเพื่อแสดงตัวอย่างการหาพจน์ที่ n ของลำดับเรขาคณิตได้ แต่ยังไม่สามารถทำให้สื่อโปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปสูตรการหาพจน์ที่ n ของลำดับเรขาคณิตด้วยตนเองได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าลำดับการ

จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่อลิสได้ออกแบบยังไม่สะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของสื่อที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ได้ ดังนั้นจากที่กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้อลิสได้คะแนนด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน (TPACK–1) 5 คะแนนจากคะแนนเต็ม 8 คะแนน

คนที่ 2 ในที่นี้ใช้นามสมมติว่า บ๊อบ กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ว่า ”เพื่อให้นักเรียนระบุสมบัติของเส้นขนานและมุมภายในได้ และเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบการขนานกันของเส้นตรงโดยใช้ความรู้เรื่องเส้นขนานและมุมภายในได้” ซึ่งมีความชัดเจน และสอดคล้องกับเนื้อหาสาระในแผนการจัดการเรียนรู้ ในส่วนของการระบุกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ บ๊อบ ระบุว่า “ครูเปิดโปรแกรม GeoGebra ที่เป็นสื่อการสอนเรื่องสมบัติของเส้นขนาน โดยครูจะซ่อนสมบัติของเส้นขนานไว้ก่อน จากนั้นให้นักเรียนสังเกตเส้นตรงสองเส้นที่ขนานกันและมีเส้นตัดโดยครูจะปรับขนาดของมุมไปเรื่อย ๆ แล้วให้นักเรียนสังเกตและสร้างข้อความคาดการณ์ว่าขนาดของมุมภายในมีลักษณะเป็นอย่างไร” ซึ่งในส่วนนี้แสดงให้เห็นว่า บ๊อบสามารถนำคุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ที่มีความเป็นโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตตัวอย่างของรูปที่สอดคล้องกับสมบัติที่กำหนดให้หลาย ๆ ตัวอย่าง โดยกระบวนการสังเกตตัวอย่างของรูปดังกล่าวนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างข้อความคาดการณ์เกี่ยวกับสมบัติของเส้นขนานและมุมภายในด้วยตนเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ อย่างไรก็ตามจากการประเมินชิ้นงานนี้พบว่ามีจุดที่ควรพัฒนา คือ การจัดการเรียนการสอนควรคำนึงถึงลำดับและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มากขึ้น ดังนั้นจากที่กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้บ๊อบได้คะแนนด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน (TPACK–1) 7 คะแนนจากคะแนนเต็ม 8 คะแนน

3. ด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (TPACK–2) พบว่า นิสิตครูมีคะแนนเฉลี่ย 3.06 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 51.00) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.34 คะแนน โดยมีนิสิตครูบางส่วนออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยสามารถใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการสุ่มโจทย์ที่หลากหลายตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล รวมถึงสะท้อนผลการทำงานของนักเรียนได้ และมีนิสิตครูบางส่วนที่ไม่สามารถใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ โดยในที่นี้ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างชิ้นงานของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายจำนวน 2 คน ที่มีลักษณะดังกล่าว ดังต่อไปนี้

คนที่ 1 ในที่นี้ใช้นามสมมติว่า อลิส เป็นตัวอย่างของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่สามารถใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้บางส่วน แต่ยังไม่สมบูรณ์ โดยอลิสได้ออกแบบชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ดังในภาพที่ 1(ข) ซึ่งในชิ้นงานนี้ อลิสระบุจุดประสงค์การเรียนรู้และเกณฑ์การให้คะแนนได้อย่างชัดเจน สำหรับการสร้างข้อคำถาม มีการสร้างได้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด อย่างไรก็ตามข้อคำถามยังมีความไม่ชัดเจนบางส่วน คือ ไม่มีการระบุว่าจำนวนที่ระบุในลำดับเป็นจำนวนในลำดับเรขาคณิต และเมื่อพิจารณาในส่วนของ

ชิ้นงาน จะพบว่า อลิสไม่ได้ใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการสุ่มโจทย์ แต่ใช้เพียงแค่ในการเลือกคำตอบ และสะท้อนผลการตอบคำถามของนักเรียนเท่านั้น ดังนั้นจากที่กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้อลิสได้คะแนนด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (TPACK–2) 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน

คนที่ 2 ในที่นี้ใช้นามสมมติว่า บ๊อบ เป็นตัวอย่างของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายที่สามารถใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ โดยได้ออกแบบชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ดังภาพที่ 2(ข) ซึ่งในชิ้นงานนี้ บ๊อบระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้และเกณฑ์การให้คะแนนได้อย่างชัดเจน สำหรับการสร้างข้อคำถาม มีการสร้างได้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด และสามารถใช้คุณสมบัติของโปรแกรม GeoGebra ในการสุ่มโจทย์ที่หลากหลาย ในส่วนการสะท้อนผลการตอบคำถามของนักเรียนพบว่า สามารถสะท้อนผลการตอบคำถามได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจากที่กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้อลิสได้คะแนนด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (TPACK–2) 6 คะแนนจากคะแนนเต็ม 6 คะแนน

**อภิปรายผลการวิจัย**

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายซึ่งมีความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหา แต่นิสิตครูยังไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยี ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดการเรียนการสอนความรู้ด้านเทคโนโลยีให้กับนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย เพื่อศึกษา TPACK เบื้องต้นของนิสิตครูที่มีความรู้ทั้ง 3 ด้าน แต่ยังไม่ได้รับการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้าน ว่าเป็นอย่างไร ซึ่งรายละเอียดในการอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยขอแบ่งประเด็นดังต่อไปนี้

1. คะแนนเฉลี่ยของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา (TCK) มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 82.83 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ตามที่กำหนด อาจเนื่องมาจากระดับผลการเรียนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านเนื้อหาของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี และนิสิตครูได้รับการจัดการเรียนการสอนความรู้ด้านเทคโนโลยี นิสิตครูจึงสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรมได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีและความรู้ด้านเนื้อหาตามกรอบแนวคิดของ Mishra and Koehler (2009) ที่กล่าวว่า ความรู้ในการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหา (TCK) คือ ความรู้และความสามารถของครูในการนำคุณสมบัติของเทคโนโลยีไปใช้ในการนำเสนอเนื้อหาในวิชาที่สอนอย่างเหมาะสม

2. คะแนนเฉลี่ยของนิสิตครูกลุ่มเป้าหมาย ในด้านการออกแบบการจัดการเรียนการสอน (TPACK–1) มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 64.88 และด้านการออกแบบวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน (TPACK–2) มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 51.00 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยทั้ง 2 ด้านนี้ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ที่กำหนด อาจเป็นเพราะว่านิสิตครูได้เรียนรายวิชาที่สอดคล้องกับความรู้แต่ละด้านตามองค์ประกอบของ TPACK แบบแยกส่วน กล่าวคือ นิสิตครูมีความรู้ด้านวิธีสอน ความรู้ด้านเนื้อหา จากการเลือกกลุ่มเป้าหมายในขั้นตอนที่ 2 ของการวิจัย และนิสิตครูมี

ความรู้ด้านเทคโนโลยีจากขั้นตอนที่ 3 ของการวิจัย แต่นิสิตครูยังไม่เห็นตัวอย่างและไม่มีประสบการณ์ในการฝึกฝนการบูรณาการความรู้แต่ละด้านมาใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับ Adulyasas and Yathikul (2017) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้นิสิตครูพัฒนา TPACK ได้มากขึ้นนั้น ต้องมีการสอนทั้งในส่วนของการใช้เทคโนโลยี ส่วนของการศึกษาตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี และส่วนของการฝึกออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีด้วยตนเอง สำหรับการเรียนเนื้อหาที่เกี่ยวกับความรู้ด้านวิธีสอน นิสิตครูได้เรียนรู้แนวคิดและทฤษฎีทางการศึกษาต่าง ๆ แต่ยังไม่เห็นตัวอย่างว่าการออกแบบการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับแนวคิดและทฤษฎีทางการศึกษาว่าควรเป็นอย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaitbanditkul and Wongwanich (2014) ที่พบว่านิสิตครูส่วนใหญ่ที่มีความรู้ในแต่ละด้านตามองค์ประกอบของ TPACK จากหลักสูตรผลิตครูในระดับปานกลางถึงค่อนข้างมาก ยังไม่สามารถบูรณาการความรู้แต่ละด้านให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนได้ดีเท่าที่ควร และสอดคล้องกับ Angeli and Valanides (2009) ที่กล่าวว่าการที่ครูมีความรู้แต่ละด้านได้แก่ ความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหานั้น ไม่ได้ส่งผลต่อการมี TPACK ของครู

**ข้อเสนอแนะ**

1. การจัดการเรียนการสอนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีสำหรับนิสิตครู ควรส่งเสริมให้นิสิตครูเห็นแนวทางของการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน และเปิดโอกาสให้นิสิตครูได้ฝึกการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี เพื่อฝึกฝนให้นิสิตครูสามารถบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม

2. ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการศึกษาองค์ประกอบของ TPACK ในด้านอื่น ๆ เนื่องจากการประเมิน TPACK นั้น สามารถทำได้หลายวิธี หรืออาจศึกษา TPACK ของนิสิตครูที่กำลังฝึกสอนหรือนิสิตครูในสาขาวิชาอื่น ๆ

**กิตติกรรมประกาศ**

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาจากโครงการ 70 ปี 70 ทุน มศว คืนสู่สังคม ประจำปีงบประมาณ 2562–2564 และจริยธรรมการวิจัยในคนของงานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เลขที่ SWUEC/E/G–342/2564

**เอกสารอ้างอิง**

Adulyasas, L., and Yathikul, S. (2016). **The Measurement of TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) and Factors Influencing Mathematics Teachers' Level of TPACK in the Three Southernmost Provinces.** Retrieved from https://wb.yru.ac.th/bitstream/yru/4185/1/18ลิลลา.pdf, November 8, 2022. (in Thai)

Adulyasas, L., and Yathikul, S. (2017). Developing Mathematics Pre–service Teachers'

Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) of Yala Rajabhat University, Thailand. **Proceedings of the 2017 National Conference on Research Creativity to Drive the Country towards Stability Prosperity and Sustainability for Thailand 4.0** (pp.1549–1561). Pattani: Fatoni University. (in Thai)

Aksan, E., and Eryilmaz, S. (2011). Why don't mathematics teachers use instructional technology and materials in their courses? **Procedia–Social and Behavioral Sciences** 15(1): 2471–2475.

Angeli, C., and Nicos, V. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT–TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). **Computers & Education** 52(1): 154–168.

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

Harrington, J. (2022). GeoGebra in improving students' learning ability of geometry construction. **Journal of Educational Research and Policies** 4(6): 28–34.

Harris, J., Grandgenett, N., and Hofer, M. (2010). Testing a TPACK–based technology integration assessment rubric. **Proceedings of 2010 Society for Information Technology & Teacher Education International Conference** (pp.3833–3840). San Diego, California: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Kafyulilo, A., and Fisser, P. (2019). Developing TPACK in science and mathematics teacher education in Tanzania: A proof of concept study. In Pieters, J., Voogt, J., and Roblin, N. P. (Eds.), **Collaborative Curriculum Design for Sustainable Innovation and Teacher Learning** (pp. 139–155). Amsterdam, The Netherlands: Springer.

Kaitbanditkul, N., and Wongwanich S. (2014). Effects of teacher education program on instruction design knowledge with student teachers' self–efficacy and TPACK as mediators: A multiple mediation model. **An Online Journal of Education** 9(1): 629-643. (in Thai)

Koehler, M. J., and Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education** 9(1): 60–70.

Koehler, M. J., Mishra, P., and Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? **Journal of Education** 193(3): 13–19.

Ministry of Education. (2008). **The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D.**

**2008).** Bangkok: Kurusapa Printing Ladphrao.

Ministry of Education. (2017). **Indicators and Core Content Group Learning Mathematics (Revised edition B.E. 2560) according to The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551.** Bangkok: Printing Agriculture Cooperatives of Thailand. (in Thai)

National Council of Teachers of Mathematics. (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., Browning, C., Ozgun–Koca, S. A., and Kersaint. G. (2009). Mathematics teacher TPACK standards and development Model. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education** 9(1): 4–24.

Promwong, C. (2013). Media performance of testing or teaching series. **Silpakorn Education and Research Journal** 5(1): 7–20.

Prongsamrong, P., Wannagatesiri, T., and Fakchareonphol, W. (2018). Criteria for examining constructionist–oriented TPACK confideence and analyzing lesson plans of pre–service science teachers. **Kasetsart Journal of Social Sciences** 39(3): 860–867.

Septian, A., and Prabawanto, D. S. (2020). Mathematical representation ability through GeoGebra–assisted project–based learning models. **Proceedings of the 2nd International Seminar on Applied Mathematics and Mathematics Education (2nd ISAMME) 2020.** (pp.1–10). Cimahi, Indonesia: IOP Publishing.

So, H. J., and Kim, B. (2009). Learning about problem based learning: Student teachers integrating technology, pedagogy and content knowledge. **Australasian Journal of Education Technology** 25(1): 101–116.

Suharwoto, G. (2006). Developing and implementing a technology pedagogical content knowledge (TPCK) for teaching mathematics with technology. **Proceedings of the 2006 Society for Information Technology & Teacher Education International Conference** (pp. 3824–3828). Orlando, Florida: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).