มหาวิทยาลัยฟาฏอนี ร่วมกับ เครือข่ายความร่วมมือ
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ และมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

Proceedings

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6

เรื่อง

สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศ
สู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนในยุค
Thailand 4.0

(การนำเสนอแบบโปสเตอร์)

18 ตุลาคม 2017
ณ อาคารเรียนรวมเฉลิมพระเกียรติ
มหาวิทยาลัยฟาฏอนี

การพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ลิลลา อดุลยศาสน์[1], สุภา ยธิกุล[2]

[1] ดร. (การสอนคณิตศาสตร์), อาจารย์, อาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

[2] ศศ.ม. (การสอนคณิตศาสตร์), ผู้ช่วยศาสตราจารย์, อาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก เนื่องจากเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่มีประสิทธิภาพในการส่งต่อวิธีการสอนสำหรับเนื้อหาที่สำคัญ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในปีการศึกษา 2558 และ 2559 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จำนวน 3 คน นักศึกษาครูแต่ละคนทำการสอนนักเรียนในชั้นเรียนที่ได้รับมอบในเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ต่างกันโดยเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาที่ตนเองสอน ผู้วิจัยทำการเก็บรวมรวมข้อมูลโดยการสังเกตชั้นเรียนและการสนทนากลุ่ม (Focus group) จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อวิเคราะห์ระดับ TPACK ของนักศึกษาครูตามตัวแบบการพัฒนา TPACK (TPACK Developmental Model) ที่กำหนด ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาครูคนที่ 1 และคนที่ 2 มีระดับ TPACK อยู่ในระดับที่ 4 การสำรวจ (Exploring) ส่วนนักศึกษาครูคนที่ 3 มีระดับ TPACK อยู่ในระดับที่ 5 การพัฒนา (Advancing) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการส่งเสริมนักศึกษาครูให้เรียนรู้การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระหว่างที่นักศึกษากำลังศึกษาอยู่ในหลักสูตรส่งผลให้นักศึกษามีการพัฒนาระดับความรู้ความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) อันจะส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน ทีแพค คณิตศาสตร์ นักศึกษาครู

Developing Mathematics Pre-Service Teachers' Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) of Yala Rajabhat University, Thailand

Lilla Adulyasas, Supa Yathikul

Abstract

Technology becomes an important role in teaching and learning nowadays because it is a powerful intellectual tool for supporting teaching the important contents. This research aims to study the level of Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) of mathematics pre-service teachers in 2015 and 2016 academic years. The samples are three mathematics pre-service teachers of Yala Rajabhat University. Each pre-service teacher was assigned to teach students in the different content and they decided to use technology integrating in their teaching. The researcher collected the data by classroom observing and focus group discussion during teaching practicum. Qualitative data analysis using content analysis was employed to analyze TPACK level of pre-service teachers by using TPACK Developmental Model as a rubric score for analyzing the data. The results showed that the first and second pre-service teachers were identified their TPACK in level 4 (Exploring) and the third pre-service teacher was identified the TPACK in level 5 (Advancing) which is considered to be in good level. These indicated the effectiveness of supporting pre-service teacher to learn how to integrate technology during they were the student in the university in improving the technological pedagogical and content knowledge of pre-service teacher which will lead to the effective teaching and learning.

Keyword: Technological pedagogical and content knowledge, TPACK, Mathematics, Pre-service teacher

บทนำ (Introduction)

เทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตมนุษย์และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงด้านการศึกษา เทคโนโลยีเปิดโอกาสในการเรียนรู้มากมายให้แก่ผู้เรียน รวมทั้งสามารถเปลี่ยนวิธีการสอนและความเชื่อของครูที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน (Erdogan & Sahin, 2010) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคศตวรรษที่ 21 ความท้าทายสำหรับการศึกษาในยุคนี้คือการค้นหาและพัฒนาเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและมีคุณค่าต่อการเรียนการสอน การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนมีผลอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่มีประสิทธิภาพในการส่งต่อวิธีการสอนสำหรับเนื้อหาที่สำคัญ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงอำนวยความสะดวกในการสอนของครูและสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ยังต้องอาศัยความสามารถของเทคโนโลยีในการรวบรวม จัดระเบียบ และประเมินผลข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในสถานการณ์โลกจริง (Jimoyiannis, 2010; Srisawasdi, 2012) ด้วยเหตุนี้ครูยุคใหม่จึงจำเป็นต้องเรียนรู้ทักษะในการออกแบบบทเรียนที่เน้นการใช้เทคโนโลยี และจะต้องนำบทเรียนดังกล่าวไปใช้ให้ตอบวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ของผู้เรียนในหลักสูตร (Lawless & Pellegrino, 2007) ดังนั้นการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนจึงเป็นสิ่งสำคัญในการถ่ายทอดเนื้อหาด้วยกลยุทธ์การสอนที่เหมาะสม

แนวคิดของการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี วิธีสอน และเนื้อหาที่สอนนั้นได้พัฒนามาจากกรอบแนวคิดทฤษฎีของ Shulman (1986) ที่กล่าวถึงความรู้ในการบูรณาการวิธีสอนกับเนื้อหาที่สอนของครู (Pedagogical and Content Knowledge) หรือ PCK แต่เมื่อเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องและมีบทบาทกับการศึกษามากขึ้น Mishra และ Koehler (2006) จึงพัฒนากรอบแนวคิดทฤษฎีใหม่ที่เรียกว่าความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (Technological Pedagogical and Content Knowledge) หรือ TPACK โดย Mishra และ Koehler (2006) ได้นิยาม TPACK ว่าเป็นพื้นฐานของการสอนที่มีประสิทธิภาพผ่านเทคโนโลยี โดยบูรณาการจากความรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเทคโนโลยี(Technological Knowledge) ความรู้ด้านวิธีสอน (Pedagogical Knowledge) และ ความรู้ด้านเนื้อหาที่สอน (Content Knowledge) ดังนั้นจึงจำเป็นสำหรับครูที่จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้านเหล่านี้เข้าด้วยกันได้

นอกจากนี้ Niess และคณะ (2009) ได้นำเสนอตัวแบบในการพัฒนา TPACK (TPACK Developmental Model) ที่ครูคณิตศาสตร์ควรจะพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนไปตามลำดับขั้น โดยครูจะเริ่มพัฒนาจากความรู้ในการบูรณาการวิธีสอนกับเนื้อหาที่สอน หรือ PCK (Pedagogical content knowledge) เมื่อมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการเรียนการสอน ครูจะพัฒนาระดับการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนไปสู่ระดับการรู้จัก (Recognizing), การยอมรับ (Accepting) , การปรับตัว (Adapting), การสำรวจ (Exploring) และการพัฒนา (Advancing) ซึ่งระดับสุดท้ายจะแสดงถึงความสำเร็จในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนเข้าด้วยกัน หรือระดับ TPACK ของครู (Niess et al., 2009)

แม้ว่าการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนจะมีความสำคัญเพียงใดก็ตาม แต่ครูมีการนำเทคโนโลยีมาบูรณาการในการจัดการเรียนการสอนน้อยมาก ทั้งนี้สืบเนื่องจากหลายๆปัจจัย ได้แก่ ครูมีความกังวลและไม่ชำนาญในการใช้เทคโนโลยี ครูมีความกังวลเกี่ยวกับเวลาที่จำกัด ครูมีความเชื่อมั่นในวิธีสอนของตนเองมากกว่าศักยภาพของเทคโนโลยี เป็นต้น (Norton, McRobbie, & Cooper, 2000; Pelgrum, 2001; Shamburg, 2004) นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้เคยทำการศึกษาระดับ TPACK ของครู

คณิตศาสตร์ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้และพบว่า ระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของครูอยู่ยังอยู่ในระดับปานกลาง (Adulyasas, 2017) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากครูดังกล่าวไม่ได้รับการปลูกฝังเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนมาตั้งแต่ยังอยู่ในหลักสูตรผลิตครู เนื่องจากนักศึกษาครูที่ถูกปลูกฝังจะเห็นความสำคัญและได้รับการสอนวิธีการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาวิชาเฉพาะ ดังที่มีงานวิจัยหนึ่งพบว่าหลักสูตรผลิตครูมีผลต่อความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีให้เข้ากับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (Groff & Mouza, 2008) ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่มหาวิทยาลัยมีที่มีพันธกิจในการผลิตครูจะต้องปลูกฝังความรู้เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนให้แก่นักศึกษาครูระหว่างที่ศึกษาอยู่ในหลักสูตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการสอนสาระการเรียนรู้ที่เป็นนามธรรม เช่น การสอนคณิตศาสตร์ที่เนื้อหาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรมนั้น การใช้เทคโนโลยีจะช่วยให้การนำเสนอมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์มีความเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา มีส่วนในการผลิตบัณฑิตหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาที่สอนผ่านรายวิชาเทคโนโลยีสำหรับครูคณิตศาสตร์ โดยนักศึกษาในหลักสูตรทุกคนจะต้องลงทะเบียนเรียนรายวิชานี้ในปีที่ 4 และจะต้องออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในปีที่ 5 ระหว่างที่ศึกษาอยู่ในหลักสูตร ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนของนักศึกษาครูที่ได้รับการพัฒนามาจากหลักสูตรผลิตครู โดยศึกษาในระหว่างที่นักศึกษาออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู โดยผู้วิจัยใช้โรงเรียนที่นักศึกษาไปฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูเป็นฐานของการวิจัยในครั้งนี้ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีการสอนและเนื้อหาที่สอนของนักศึกษาครู ที่จะก่อให้เกิดการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ อันจะส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย (Objective)

เพื่อศึกษาระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Reviews)

ในปีคศ. 1986 Shulman (1986) ได้ให้กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้ด้านเนื้อหาบูรณาการกับวิชาครู (Pedagogical Content Knowledge: PCK) ที่ให้ความสำคัญกับการบูรณาการความรู้ของครูในด้านเนื้อหาที่สอนและวิชาครู โดยมีจุดเน้นที่สำคัญคือครูผู้สอนสามารถถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาวิชาที่ตนเองสอนได้โดยมีวิธีการสอนที่ทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองและเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมสู่องค์ความรู้ใหม่ได้ (Shulman, 1986) ต่อมาในปี ค.ศ. 2006 Mishra และ Koehler (2006) ได้พัฒนากรอบความรู้ใหม่ที่พัฒนามาจากกรอบความรู้ของ Shulman (1986) โดยให้ความสำคัญกับการนำเทคโนโลยีมาบูรณาการกับความรู้ด้านวิชาครูและความรู้ด้านเนื้อหา โดยเรียกกรอบแนวคิดนี้ว่า กรอบความรู้ทีแพค (Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK) ซึ่งเป็นการรวมสาระของครูทั้งสามด้านเกี่ยวกับความรู้ด้านเนื้อหาที่สอน (Content Knowledge: CK) ความรู้วิชาครู (Pedagogical

Knowledge: PK) และความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technology Knowledge: TK) โดยเน้นความสำคัญของเทคโนโลยีเป็นหลัก ซึ่งการบูรณาการความรู้ทั้งสามด้านนี้ครูจะต้องเลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับเนื้อหา เลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับวิชาครู และเลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับการบูรณาการวิชาครูและเนื้อหา

กรอบความรู้ TPACK สามารถแบ่งเป็น 7 องค์ประกอบ โดยแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (Mishra & Koehler, 2006)

1) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge: TK) คือ ความรู้ความเข้าใจและความสามารถของครูเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้กันเป็นมาตรฐานทั้งเทคโนโลยีเก่าและเทคโนโลยีใหม่ โดยแสดงถึงความเข้าใจที่ชัดเจนถูกต้องเกี่ยวกับวิธีการใช้และประโยชน์ของเทคโนโลยีเหล่านั้นในการสนับสนุนให้การปฏิบัติงานในหน้าที่ครูให้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ มีความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ และสามารถใช้โปรแกรมซอร์ฟแวร์ทั่วไปได้

2) ความรู้ด้านวิชาครู (Pedagogical Knowledge: PK) คือ ความรู้ความเข้าใจและความสามารถของครูเกี่ยวกับสาระหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอน สามารถดำเนินการเรียนการสอนได้บรรลุจุดประสงค์ทางการศึกษา โดยมีจุดเน้นที่การเรียนรู้ของนักเรียน การจัดการชั้นเรียน การพัฒนาแผนการสอน การนำแผนการสอนไปปฏิบัติจริง การประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน เทคนิคและวิธีการสอนที่ใช้ในชั้นเรียน ธรรมชาติของนักเรียน การพัฒนาการเรียนรู้สำหรับนักเรียนในชั้นเรียนของตนเอง รวมทั้งสามารถทำวิจัยในชั้นเรียนเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอนได้

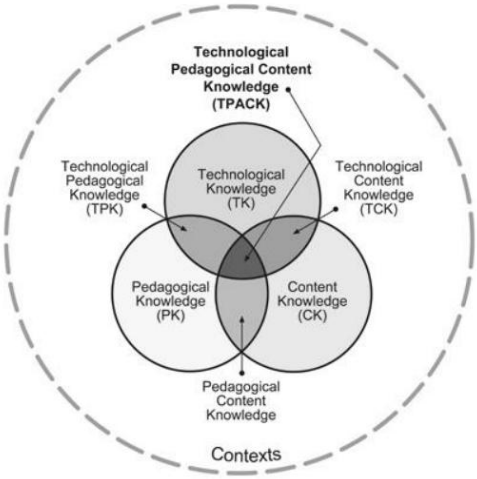
3) ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge: CK) คือ ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับสาระทางวิชาการที่ชัดเจนถูกต้องแม่นยำ ซึ่งประกอบด้วยข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด ทฤษฎี และขอบเขตเนื้อหาที่ใช้สอนที่ถูกต้อง หากไม่มีความรู้ด้านนี้แล้วจะไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ที่ถูกต้องให้กับนักเรียนได้มีทักษะในการอธิบายสาระที่ยากให้ง่ายขึ้นอย่างสมเหตุสมผล รวมทั้งมีพื้นฐานความรู้ที่สามารถศึกษาเนื้อหาขั้นสูงด้วยตนเองได้

4) ความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยีและด้านวิชาครู (Technological Pedagogical Knowledge: TPK) คือ ความรู้ความเข้าใจและความสามารถของครูในการบูรณาการหรือผสมผสานเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาวิชาครูอย่างเหมาะสม แสดงถึงการใช้เทคโนโลยีในการเพิ่มคุณภาพการจัดการเรียนการสอน มีการใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายเพื่อประโยชน์ในการวิจัยและการศึกษาค้นคว้าทางวิชาครู ดังนั้นครูที่ดีจะต้องมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5) ความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยีและด้านเนื้อหา (Technological Content Knowledge: TCK) คือ ความรู้ความเข้าใจและความสามารถของครูในการบูรณาการหรือผสมผสานเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาเนื้อหาวิชาที่สอนอย่างเหมาะสม แสดงถึงการมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ช่วยพัฒนาความรู้เนื้อหาที่ถูกต้อง ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่ยากได้ง่ายขึ้น รวมทั้งการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการพัฒนาเนื้อหาความรู้ขั้นสูงของตนเองและผู้เรียน

6) ความรู้ในการบูรณาการด้านวิชาครูและด้านเนื้อหา (Pedagogical Content Knowledge: PCK) คือ ความรู้ความเข้าใจและความสามารถของครูในการบูรณาการหรือผสมผสานวิชาครูเพื่อพัฒนาเนื้อหาวิชาที่สอนอย่างเหมาะสม แสดงถึงความรู้ในวิชาครูที่ทำให้ครูมีความรู้เนื้อหาถูกต้องแม่นยำ มีหลักการวิชาครูที่ทำให้เข้าใจเนื้อหาที่ยากได้ง่ายขึ้น มีการถ่ายทอดเนื้อหาได้ถูกต้องตามหลักวิชาชีพครู รวมทั้งมีทักษะการใช้วิชาครูขยายขอบเขตเนื้อหาความรู้ในขั้นสูงขึ้น

7) ความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยี ด้านวิชาครู และด้านเนื้อหา (Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK) คือ ความรู้ความเข้าใจและความสามารถของครูในการบูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมและหลากหลายให้เข้ากับกระบวนการและวิธีการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาที่ตนเองสอน ทำให้เกิดการจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ รวมทั้งนักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ในเนื้อหาวิชาที่สอนได้ด้วยการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิด TPACK (Mishra & Koehler, 2006, p.63)

นอกจากนี้ Niess และคณะ (2009) ได้นำเสนอโมเดลการพัฒนา TPACK ที่ครูคณิตศาสตร์ควรจะพัฒนาไปตามลำดับขั้นในการบูรณาการเทคโนโลยี การสอนและเนื้อหาสาระเข้าด้วยกัน โดยเริ่มจากการรู้จัก (Recognizing) การยอมรับ (Accepting) การปรับตัว (Adapting) การสำรวจ (Exploring) และการพัฒนา (Advancing) โดย Niess และคณะ (2009) ได้อธิบายการพัฒนาระดับ TPACK ของครู 5 ไว้ระดับดังต่อไปนี้ (Niess et al., 2009)

ระดับที่ 1 การรู้จัก (Recognizing) ระดับนี้เป็นระดับที่ครูรู้จักเทคโนโลยี แต่ยังไม่มีความต้องการหรือความตั้งใจในการที่จะนำเทคโนโลยีเข้ามาบูรณาการกับการเรียนการสอน

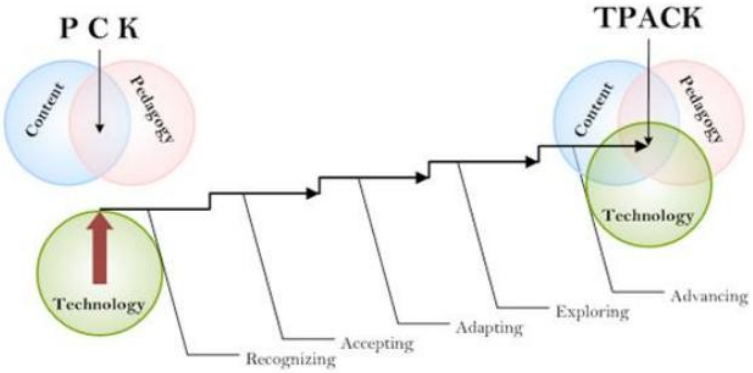
ระดับที่ 2 การยอมรับ (Accepting) เป็นระดับที่ครูสามารถบอกได้ว่าตนมีทัศนคติที่ดีหรือไม่ดีต่อการบูรณาการเทคโนโลยีในการเรียนการสอนเนื้อหาวิชาที่ตนเองรับผิดชอบ ครูอาจจะมีการเข้าฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีใดเทคโนโลยีหนึ่งแล้วพยายามที่จะทดลองนำเทคโนโลยีที่ตนเองเรียนรู้มาใช้ในห้องเรียนแต่ยังไม่แน่ใจที่จะตัดสินใจใช้เทคโนโลยีนั้นในการเรียนการสอนในรายวิชาที่ตนรับผิดชอบ

ระดับที่ 3 การปรับตัว (Adapting) เป็นระดับที่ครูมีส่วนรวมต่อการจัดกิจกรรมการเรียนเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีนั้น ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจว่าจะใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาที่ตนรับผิดชอบหรือไม่ โดยครูจะเริ่มทำการทดลองใช้เทคโนโลยีนั้นๆในรายวิชาที่ตนรับผิดชอบจริง แต่จะใช้เทคโนโลยีในระดับพื้นฐาน เพื่อที่จะดูว่าตนควรจะเอามาใช้หรือไม่เอามาใช้ ในระดับนี้ครูจะใช้กิจกรรมที่คนอื่นออกแบบไว้แล้วมาใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอน

ระดับที่ 4 การสำรวจ (Exploring) เป็นระดับที่ครูมีความตั้งใจในการบูรณาการเทคโนโลยีในการเรียนการสอนรายวิชาที่ตนเองรับผิดชอบ ดังนั้นครูที่ตัดสินใจใช้เทคโนโลยีจะเริ่มออกแบบการเรียนการสอนตามหลักสูตรโดยบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อสร้างให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่สอนมากขึ้น ใน

ระดับนี้ครูจะมีความตั้งใจในการคิดค้นแนวทางที่หลากหลายในการบูรณาเทคโนโลยีเข้ากับการเรียนการสอน และยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีอีกด้วย

ระดับที่ 5 การพัฒนา (Advancing) เป็นระดับที่ครูได้ประเมินแล้วว่าการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับวิธีสอน และเนื้อหาสาระที่สอนเข้าด้วยกันนั้นมีคุณค่าเพียงใด และพยายามที่จะออกแบบการเรียนการสอน หรือพัฒนาสิ่งที่มีอยู่ในหลักสูตรให้มีการบูรณาการกับเทคโนโลยีในหลายๆทาง เพื่อช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนการการเรียนเนื้อหานั้นๆ



ภาพที่ 2 แสดงตัวแบบในการพัฒนา TPACK ของครู (Niess et al., 2009, p.10)

วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology)

กลุ่มตัวอย่าง

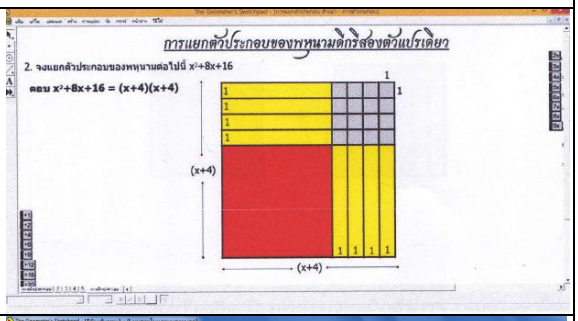
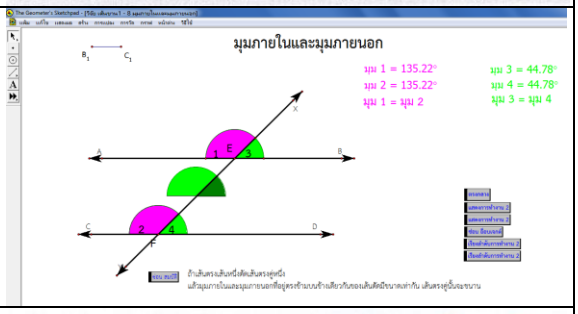
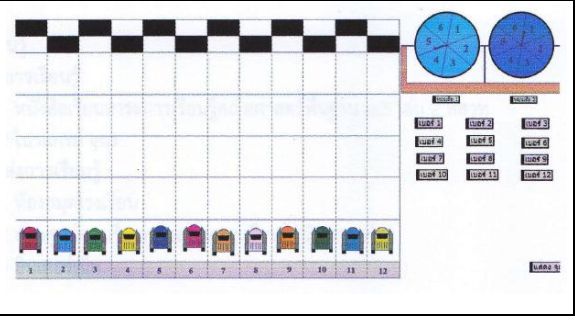
กลุ่มตัวอย่างในครั้งนี้เป็นนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 หลักสูตรครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในปีการศึกษา 2558 และ 2559 ที่มีการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอน โดยออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในโรงเรียนที่สาขาวิชาคณิตศาสตร์ส่งตัวนักศึกษาไปสอน จำนวนทั้งสิ้น 3 คน ซึ่งนักศึกษาทั้ง 3 คนนี้มีผู้วิจัยเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลักในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู โดย นักศึกษาครูคนที่ 1 สอนเรื่องการแยกตัวประกอบของพหุนามกำลัง 2 ตัวแปรเดียว นักศึกษาครูคนที่ 2 สอนเรื่องเส้นขนาน และนักศึกษาครูคนที่ 3 สอนเรื่องความน่าจะเป็น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แผนการสอนเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาครูทั้ง 3 คนที่เน้นการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน ดังดังตารางที่ 1

2) ประเด็นคำถามเพื่อใช้ในการสนทนากลุ่มเพื่อศึกษาระดับ TPACK ของนักศึกษาครูในระหว่างและหลังจากการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอน

ตารางที่ 1 แสดงเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอน เทคโนโลยีที่ใช้บูรณาการ และจำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองของนักศึกษาครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาครูคนที่	เนื้อหาที่สอน	เทคโนโลยีที่ใช้บูรณาการ	ภาพตัวอย่างการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหา
1	การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรี 2 ตัวแปรเดียว (ม.2)	โปรแกรม GSP	
2	เส้นขนาน (ม.2)	โปรแกรม GSP	
3	ความน่าจะเป็น (ม.3)	โปรแกรม GSP	

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) นักศึกษาครูทั้ง 3 คน ได้ออกแบบแผนการสอนที่เน้นการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับวิธีสอนและเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่สอน โดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ให้คำแนะนำและตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

2) นักศึกษาครูแต่ละคนทำการทดลองสอนนักเรียนตามแผนการสอนที่ตนเองสร้างขึ้นในเนื้อหาที่แต่ละคนกำหนดโดยมีการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาที่สอน

3) ผู้วิจัยเก็บรวมรวมข้อมูลการพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูทั้ง 3 คน ผ่านการสนทนากลุ่ม (Focus group discussion) โดยมีประเด็นคำถามเพื่อศึกษาระดับ TPACK ของนักศึกษาครู โดยผู้วิจัยในฐานะที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ได้มีการนัดหมายการสนทนากลุ่มในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพโดยนัดหมายในระหว่างและหลังจากที่นักศึกษาได้ทำการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอนตามแผนการสอนของแต่ละคน ตัวอย่างประเด็นคำถามที่ใช้ในการสนทนากลุ่ม ได้แก่ เทคโนโลยีมีส่วนช่วยส่งเสริมในการเรียนรู้หรือกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างไร และครูมีการใช้เทคโนโลยีในการสอนได้เหมาะสม หรือไม่อย่างไร จุดใดไม่เหมาะสม ควรมีการแก้ไขหรือพัฒนาการใช้เทคโนโลยีอย่างไร เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อวิเคราะห์ระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูทั้ง 3 คน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากข้อมูลที่ถอดมาจากการสนทนากลุ่ม โดยมีเกณฑ์ (Rubric score) ในการวัดระดับ TPACK ของนักศึกษาครูที่ประยุกต์มาจากตัวแบบการพัฒนา TPACK (TPACK Developmental Model) ของ Niess และคณะ (2009) ดังนี้

ระดับที่ 1 การรู้จัก (Recognizing) ระดับนี้เป็นระดับที่นักศึกษาครูรู้จักเทคโนโลยี แต่ยังไม่มีความต้องการหรือความตั้งใจในการที่จะนำเทคโนโลยีเข้ามาบูรณาการกับการเรียนการสอน

ระดับที่ 2 การยอมรับ (Accepting) เป็นระดับที่นักศึกษาครูสามารถบอกได้ว่าตนมีทัศนคติที่ดีหรือไม่ดีต่อการบูรณาการเทคโนโลยีในการเรียนการสอนเนื้อหาวิชาที่ตนเองรับผิดชอบ

ระดับที่ 3 การปรับตัว (Adapting) เป็นระดับที่ครูมีส่วนรวมต่อการจัดกิจกรรมการเรียนเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีนั้น โดยครูจะเริ่มทำการทดลองใช้เทคโนโลยีนั้นๆในรายวิชาที่ตนรับผิดชอบจริง แต่จะใช้เทคโนโลยีในระดับพื้นฐาน เพื่อที่จะดูว่าตนควรจะเอามาใช้หรือไม่เอามาใช้ ในระดับนี้ครูจะใช้กิจกรรมที่คนอื่นออกแบบไว้แล้วมาใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอน

ระดับที่ 4 การสำรวจ (Exploring) เป็นระดับที่ครูมีความตั้งใจในการบูรณาการเทคโนโลยีในการเรียนการสอนรายวิชาที่ตนเองรับผิดชอบ ดังนั้นครูที่ตัดสินใจใช้เทคโนโลยีจะเริ่มออกแบบการเรียนการสอนตามหลักสูตรโดยบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อสร้างให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่สอนมากขึ้น

ระดับที่ 5 การพัฒนา (Advancing) เป็นระดับที่ครูได้ประเมินแล้วว่าการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับวิธีสอน และเนื้อหาสาระที่สอนเข้าด้วยกันนั้นมีคุณค่าเพียงใด และพยายามที่จะออกแบบการเรียนการสอน หรือพัฒนาสิ่งที่มีอยู่ในหลักสูตรให้มีการบูรณาการกับเทคโนโลยีในหลายๆทางเพื่อช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนการการเรียนเนื้อหานั้นๆ (Niess et al., 2009)

ผลการวิจัย (Results)

ผลการศึกษาระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูคณิตศาสตร์ทั้ง 3 คน ที่ได้ทำการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอนในแต่ละกลุ่มนั้นพบว่า นักศึกษาครูคนที่ 1 และคนที่ 2 ซึ่งสอนในเรื่องเรื่องการแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรี 2 ตัวแปรเดียว และเรื่องเส้นขนาน ตามลำดับ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นั้นมีระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) อยู่ในระดับที่ 4 การสำรวจ (Exploring) เนื่องจากนักศึกษาครูทั้ง 2 คน มีความตั้งใจในการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาที่ตนเองรับผิดชอบ โดยนักศึกษาครูทั้ง 2 คน ตัดสินใจใช้โปรแกรม GSP ออกแบบการเรียนการสอนตามหลักสูตร โดยนำโปรแกรม GSP มาบูรณาการในการออกแบบกิจกรรมเพื่อสร้างให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่สอนรวมทั้งต้องการดึงดูดความสนใจของนักเรียนมากขึ้น ดังที่นักศึกษาครูคนที่ 1 และคนที่ 2 ได้กล่าวไว้ในระหว่างการสนทนากลุ่มดังนี้

นักศึกษาครูคนที่ 1 “เรื่องการแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรี 2 ตัวแปรเดียวมีปัญหาอยู่คือนักเรียนไม่เข้าใจวิธีการแยกตัวประกอบ ทำให้นักเรียนไม่บรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้เรื่องนี้ และจากการที่ผมได้สังเกตชั้นเรียนที่ผ่านมา พบว่าครูยังใช้สื่อการสอนที่ไม่เหมาะสม ครูบางคนไม่มีสื่อการสอนเลย ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุให้นักเรียนไม่สามารถเข้าใจในเนื้อหานี้ได้เป็นอย่างดี ผมจึงตั้งใจที่จะออกแบบกิจกรรม

โดยใช้โปรแกรม GSP โดยใช้หลักการพิจารณาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมที่แทนตัวแปรที่กำหนด และเพิ่มเติมสีสันเข้าไปในภาพ ผมคิดว่าการสอนโดยใช้ GSP ในเรื่องนี้จะทำให้นักเรียนสนใจและมีความเข้าใจมากขึ้น”

นักศึกษาครูคนที่ 2 “ในการเรียนเรื่องเส้นขนาน ถ้าจะให้นักเรียนมีความเข้าใจจริงนั้น นักเรียนจะต้องพิสูจน์สมบัติต่างๆของเส้นขนานให้ได้ ซึ่งผมว่าถ้าสร้างสื่อการสอนที่ใช้ GSP เพื่อแสดงให้เห็นถึงการพิสูจน์สมบัติต่างๆของเส้นขนาน การสอนจะไปได้เร็วมาก เพราะ GSP สามารถวัดมุมเพื่อตรวจสอบสมบัติ รวมถึงเลื่อนขนานรูปเพื่อตรวจสอบความเท่ากันของมุมได้ด้วย ดังนั้นผมจะออกแบบกิจกรรมพิสูจน์สมบัติต่างๆของเส้นขนาน และทำให้มีสีสันเพื่อให้นักเรียนเข้าใจสมบัติต่างๆของเส้นขนานง่ายยิ่งขึ้น”

ในขณะเดียวกันพบว่านักศึกษาครูคนที่ 3 ซึ่งสอนในเรื่องความน่าจะเป็น มีระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) อยู่ในระดับที่ 5 การพัฒนา (Advancing) เพราะนอกจากนักศึกษาครูคนที่ 3 นี้จะมีความตั้งใจในการบูรณาการเทคโนโลยีในการเรียนการสอนในเนื้อหาที่ตนเองรับผิดชอบ โดยตัดสินใจใช้โปรแกรม GSP ออกแบบการเรียนการสอนตามหลักสูตรโดยมีการนำโปรแกรม GSP มาบูรณาการในการออกแบบกิจกรรมเพื่อสร้างให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่สอนและดึงดูดความสนใจของนักเรียนมากขึ้นแล้ว นักศึกษาครูคนที่ 3 ยังสามารถประเมินได้ว่าการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับวิธีสอน และเนื้อหาสาระที่สอนเข้าด้วยกันนั้นมีคุณค่ามาก และพยายามที่จะออกแบบการเรียนการสอน หรือพัฒนาสิ่งที่มีอยู่ในหลักสูตรให้มีการบูรณาการกับเทคโนโลยีในหลายๆทางเพื่อช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนในการเรียนเนื้อหาเรื่องความจะน่าเป็นนั้น ดังที่นักศึกษาครูคนที่ 3 ได้กล่าวไว้ในระหว่างการสนทนากลุ่มดังนี้

นักศึกษาครูคนที่ 3 “ปกติแล้วในเรื่องความน่าจะเป็นส่วนใหญ่จะสอนโดยใช้สื่อจริงเช่น ลูกเต๋า หรือใช้ลูกดอกปาเป้า แต่ผมว่า GSP สามารถทำได้ ผมจะออกแบบสื่อการสอนความน่าจะเป็นโดยใช้ GSP แต่ความท้าทายอยู่ที่ทำอย่างไรจึงจะทำให้ดูสมจริงมากที่สุด เช่น สื่อปาเป้าบน GSP หรือแม้แต่การทอยลูกเต๋าที่ให้มีการ animate เสมือนจริง ผมว่าการใช้ GSP แบบนี้ดีมากๆเลย และผมจะเพิ่มการออกแบบกิจกรรมในส่วนที่เป็นเกม โดยจะทำเกมรถแข่ง ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้เรื่องความน่าจะเป็นในการเล่มเกมบน GSP แบบนี้จะดีมากเลย นักเรียนจะต้องสนใจและสนุกกับกิจกรรมการเรียนรู้แน่นอน”

อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

จากผลการศึกษาระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูคณิตศาสตร์โดยศึกษาในระหว่างที่นักศึกษาออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ซึ่งพบว่านักศึกษาครู 2 คน ที่สอนในเรื่องการแยกตัวประกอบของพหุนามกำลัง 2 ตัวแปรเดียว และเรื่องเส้นขนานมีระดับ TPACK อยู่ในระดับที่ 4 การสำรวจ (Exploring) และนักศึกษาครู 1 คน ที่สอนเรื่องความน่าจะเป็นมีระดับ TPACK อยู่ในระดับที่ 5 การพัฒนา (Advancing) นั้นถือได้ว่านักศึกษาทั้ง 3 คน มีระดับ TPACK ที่สูงมาก ซึ่งชี้ให้เห็นว่าหลักสูตรผลิตครูที่มีการส่งเสริมให้นักศึกษาครูได้เรียนรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน เช่นรายวิชาเทคโนโลยีสำหรับครูคณิตศาสตร์นั้นสามารถช่วยให้นักศึกษาครูพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับเนื้อหาที่สอนและวิธีสอน (TPACK) ได้มาก เนื่องจากในรายวิชานี้ผู้สอนจะเริ่มต้นจากการแนะนำให้รู้จักเทคโนโลยี เช่น ซอฟแวร์ทางการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักศึกษาครูมีความคุ้นเคยและเห็นถึงประโยชน์ของเทคโนโลยี เมื่อนักศึกษาคุ้นเคยและเห็นถึงประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีแล้วจึงให้ลองปฏิบัติตามตัวอย่างของการออกแบบการจัดการ

เรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี หลังจากนั้นจึงให้นักศึกษาออกแบบการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง เพื่อนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เรียนมาสร้างกิจกรรมที่ทำให้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมให้มีความเป็นรูปธรรมมาก ซึ่งกระบวนการสอนในรายวิชานี้สอดคล้องตามกรอบแนวคิดตามตัวแบบการพัฒนา TPACK หรือ TPACK Developmental Model ของ Niess และคณะ (2009) จนเมื่อถึงเวลาที่นักศึกษาครูจะต้องออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในปีที่ 5 จะพบว่านักศึกษาบางคนได้นำความรู้ที่ได้จากรายวิชานี้ไปประยุกต์ใช้จริงในการจัดการเรียนการสอนให้แก่นักเรียนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mouza, Karchmer-Klein, Nandakumar, Ozden, & Hu (2014) ที่กล่าวถึงผลจากการใช้วิธีสอนแบบบูรณาการเพื่อพัฒนา TPACK ของนักศึกษาครู

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนให้แก่นักศึกษาครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์ในระหว่างที่นักศึกษากำลังศึกษาอยู่ในหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน เพื่อพัฒนาระดับ TPACK ของนักศึกษาครูอันจะส่งผลให้เกิดการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพต่อไป

ข้อเสนอแนะ (Recommendation)

1. หลักสูตรผลิตครูควรมีการส่งเสริมและพัฒนาให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญและสามารถบูรณาการเทคโนโลยีให้เข้ากับการจัดการเรียนการสอนอันจะส่งผลให้นักศึกษาครูมีศักยภาพและสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีไปประยุกต์จริงในการจัดการเรียนการสอนให้แก่นักเรียนในชั้นเรียน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย มองเห็นองค์ความรู้หรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในเรื่องที่เรียนได้อย่างถูกต้อง ง่ายขึ้น มีความน่าสนใจ และส่งผลให้เกิดเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาถึงผลของการพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเนื้อหากับวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) ของนักศึกษาครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

เอกสารอ้างอิง (References)

Adulyasas, L. (2017). Measuring and factors influencing mathematics teachers' technological pedagogical and content knowledge (TPACK) in three southernmost provinces, Thailand. **AIP Conference Proceedings,** 1868(1), 050032-1 - 050032-7. http://dx.doi.org/10.1063/1. 4995159.

Erdogan, A., & Sahin, I. (2010**).** Relationship between math teacher candidates' Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) and achievement levels. **Procedia - Social and Behavioral Sciences,** 2(2), 2707-2711.

Groff, J., & Mouza, C. (2008). A Framework for Addressing Challenges to Classroom Technology Use. **AACE Journal,** 16(1), 21-46.

Idris, N. (2009). The impact of using Geometers' Sketchpad on Malaysian students' achievement and van Hiele geometric thinking. **Journal of Mathematics Education,** 2(2), 94-107.

Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teacher professional development. **Computer & Education,** 55, 1259-1269.

Lawless, K., & Pellegrino, J. W. (2007). Technology into teaching and learning: knowns, unknowns, and ways to pursue better questions and answers. **Review of Educational Research,** 77(4), 575–614.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. **Teachers College Record,** 108(6), 1017-1054.

Mouza, C., Karchmer-Klein, R., Nandakumar, R., Ozden, S. Y., & Hu, L. (2014). Investigating the impact of an integrated approach to the development of preservice teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK). **Computer & Education,** 71, 206-221.

Niess, M. L., Ronau, R. N., Shafer, K. G., Driskell, S. O., Harper, S. R., Johnston, C., et al. (2009). Mathematics teacher TPACK standards and development model. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education (CITE Journal),** *9*(1), 4-24.

Norton, S., McRobbie, C. J., & Cooper, T. J. (2000). Exploring secondary mathematics teachers' reasons for not using computers in their teaching: five case studies. **Journal of Research on Computing in Education,** *33*(1), 87.

Pelgrum, W. (2001). Obstacles to the integration of ICT in education: results from a worldwide educational assessment. **Computers and Education,** 37, 163-178.

Shamburg, C. (2004). Conditions that Inhibit the Integration of Technology for Urban Early Childhood Teachers. **Information Technology in Childhood Education Annual,** 227- 244.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher,** *15*(2), 4-14.

Srisawasdi, N. (2012). The role of TPACK in physics classroom: case studies of preservice physics teachers. **Procedia - Social and Behavioral Sciences,** 46, 3235-3243.