# ผลของการพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

# The Effects of Developing Pre-Service Mathematics Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) on Mathematics Students' Achievement

ลิลลา อดุลยศาสน์
Lilla Adulyasas

สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000
Mathematics and Statistics Department, Yala Rajabhat University
133 Tesabal 3 Road, Sateng, Muang District, Yala 95000

**บทคัดย่อ**

เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่มีประสิทธิภาพในการช่วยทำให้การถ่ายทอดเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูคณิตศาสตร์ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จำนวน 3 คน และนักเรียนที่นักศึกษาครูรับผิดชอบสอนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู จำนวน 6 กลุ่ม (192 คน) นักศึกษาครูแต่ละคนทำการสอนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ต่างกัน แล้วทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อวิเคราะห์ระดับ TPACK ของนักศึกษาครูตามเกณฑ์ของตัวแบบการพัฒนา TPACK (TPACK Developmental Model) และใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติ Dependent sample t-test และ Independent sample t-test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนและหลังการเรียน ผลการวิจัยพบว่า มีนักศึกษาครูจำนวน 2 คน ที่มีระดับ TPACK อยู่ในระดับที่ 4 การสำรวจ (Exploring) และอีก 1 คน มีระดับ TPACK อยู่ในระดับที่ 5 การพัฒนา (Advancing) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในแต่ละเนื้อหาของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมในทุก ๆ เนื้อหา ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ :** ความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน ทีแพค คณิตศาสตร์ นักศึกษาครู ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Corresponding Author. E-mail: lilla.a@yru.ac.th

**Abstract**

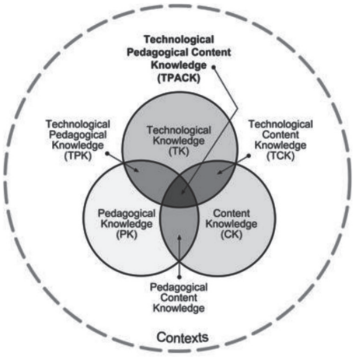
Technology is an effective intellectual tool which helps in transferring abstract mathematics contents to be more concrete. This research aims to study the level of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) of pre-service mathematics teachers and their students' achievement during the teaching practicum. The samples are three pre-service mathematics teachers of Yala Rajabhat University and 6 groups of their students (192 students). Each pre-service mathematics teacher taught the experimental and control groups in different mathematical contents, then measures the students' achievement. Qualitative data analysis using content analysis was employed to analyze TPACK level of the pre-service mathematics teachers based on TPACK Developmental Model. Moreover, quantitative data analysis using dependent and independent sample t-test were employed to compare students' achievement between the experimental and control groups before and after learning. The results showed that there are two pre-service mathematics teachers whose TPACK were identified in level 4 (Exploring) and the other one was identified in level 5 (Advancing), which are considered as good level. Moreover, the post-test and pre-test scores of the three experimental groups students were statistically significant difference at .01 level and post-test of these three groups were higher than their pre-test scores. Additionally, the post-test scores of the three experimental groups students and each control groups were statistically significant difference at .01 level and the post-test scores of these three experimental groups were higher than the post-test scores of each control groups. These finding indicated the effectiveness of technology in teaching and learning.

**Keywords:** Technological pedagogical content knowledge, TPACK, Mathematics, Pre-service teacher, Achievement

**บทนำ**

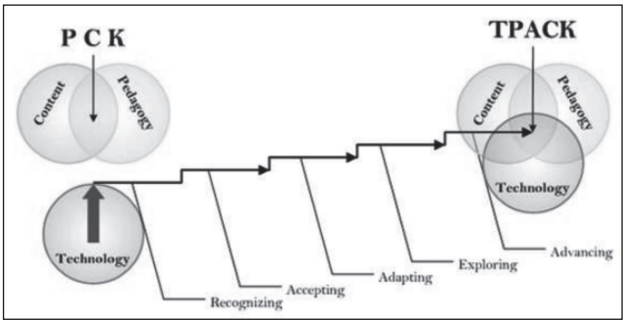
ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตมนุษย์ และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงด้านการศึกษา เทคโนโลยีเปิดโอกาสในการเรียนรู้มากมายให้แก่ผู้เรียน รวมทั้งสามารถเปลี่ยนวิธีการสอนและความเชื่อของครูที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน (Erdogan & Sahin, 2010) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคศตวรรษที่ 21 ความท้าทายสำหรับการศึกษาในยุคนี้คือการค้นหาและพัฒนาเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและมีคุณค่าต่อการเรียนการสอน การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนมีผลอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนเนื่องจากเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่มีประสิทธิภาพในการส่งต่อวิธีการสอนสำหรับเนื้อหาที่สำคัญ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงอำนวยความสะดวกในการสอนของครูและสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ยังต้องอาศัยความสามารถของเทคโนโลยีในการรวบรวม จัดระเบียบและประเมินผลข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน (Jimoyiannis, 2010; Srisawasdi, 2012) ด้วยเหตุนี้ครูยุคใหม่จึงจำเป็นต้องเรียนรู้ทักษะในการออกแบบบทเรียนที่เน้นการใช้เทคโนโลยี และจะต้องนำบทเรียนดังกล่าวไปใช้ให้ตอบวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียนในหลักสูตร (Lawless & Pellegrino, 2007) ดังนั้นการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนจึงเป็นสิ่งสำคัญในการถ่ายทอดเนื้อหาด้วยกลยุทธ์การสอนที่เหมาะสม

แนวคิดของการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี วิธีสอน และเนื้อหาที่สอนนั้นได้พัฒนามาจากกรอบแนวคิดทฤษฎีของ Shulman (1986) ที่กล่าวถึงความรู้ในการบูรณาการวิธีสอนกับเนื้อหาที่สอนของครู (Pedagogical Content Knowledge) หรือ PCK แต่เมื่อเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องและมีบทบาทกับการศึกษามากขึ้น Mishra & Koehler (2006) จึงพัฒนากรอบแนวคิดทฤษฎีใหม่ที่เรียกว่าความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (Technological Pedagogical Content Knowledge หรือ TPACK) โดย Mishra & Koehler (2006) ได้นิยาม TPACK ว่าเป็นความรู้ของครูในการสอนผ่านเทคโนโลยี โดยบูรณาการความรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological knowledge) ความรู้ด้านวิธีสอน (Pedagogical knowledge) และความรู้ด้านเนื้อหาที่สอน (Content knowledge) เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นสำหรับครูที่จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้านนี้เข้าด้วยกันได้ ดังกรอบแนวคิด TPACK ที่แสดงไว้ในภาพที่ 1




**ภาพที่ 1** กรอบแนวคิด TPACK (Mishra & Koehler, 2006)

นอกจากนี้ Niess และคณะ (2009) ได้นำเสนอตัวแบบในการพัฒนา TPACK (TPACK developmental model) ที่ครูคณิตศาสตร์ควรจะพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนไปตามลำดับขั้น โดยครูจะเริ่มพัฒนาจากความรู้ในการบูรณาการวิธีสอนกับเนื้อหาที่สอน (Pedagogical Content Knowledge หรือ PCK) เมื่อมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการเรียนการสอน ครูจะพัฒนาระดับการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนไปสู่ระดับการรู้จัก (Recognizing) การยอมรับ (Accepting) การปรับตัว (Adapting) การสำรวจ (Exploring) และการพัฒนา (Advancing) ซึ่งระดับสุดท้ายจะแสดงถึงความสำเร็จในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนเข้าด้วยกัน หรือระดับ TPACK ของครู (Niess et al., 2009) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2




**ภาพที่ 2** ตัวแบบในการพัฒนา TPACK ของครู (Niess et al., 2009)

แม้ว่าการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนจะมีความสำคัญเพียงใดก็ตาม (Mishra & Koehler, 2006) แต่ครูมีการนำเทคโนโลยีมาบูรณาการในการจัดการเรียนการสอนน้อยมาก ทั้งนี้ สืบเนื่องจากหลาย ๆ ปัจจัย ได้แก่ ครูมีความกังวลและไม่ชำนาญในการใช้เทคโนโลยี ครูมีความกังวลเกี่ยวกับเวลาที่จำกัด ครูมีความเชื่อมั่นในวิธีสอนของตนเองมากกว่าศักยภาพของเทคโนโลยี (Norton et al., 2000; Pelgrum, 2001; Shamburg, 2004) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระดับ TPACK ของครูคณิตศาสตร์ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้พบว่า ระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของครูอยู่ในระดับปานกลาง (Adulyasas, 2017) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากครูกลุ่มดังกล่าวไม่ได้รับการปลูกฝังเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนมาตั้งแต่อยู่ในหลักสูตรผลิตครู เนื่องจากนักศึกษาครูที่ถูกปลูกฝังจะเห็นความสำคัญและได้รับการสอนวิธีการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาวิชาเฉพาะ ดังที่มีงานวิจัยหนึ่งพบว่า หลักสูตรผลิตครูมีผลต่อความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีให้เข้ากับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (Groff & Mouza, 2008) ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่มหาวิทยาลัยที่มีพันธกิจในการผลิตครูจะต้องปลูกฝังความรู้เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนให้แก่นักศึกษาครูระหว่างที่ศึกษาอยู่ในหลักสูตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการสอนสาระการเรียนรู้ที่เป็นนามธรรม เช่น การสอนคณิตศาสตร์ที่เนื้อหาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรมนั้น การใช้เทคโนโลยีจะช่วยให้การนำเสนอมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์มีความเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา มีส่วนในการผลิตบัณฑิตหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาที่สอน (TPACK) ผ่านรายวิชาเทคโนโลยีสำหรับครูคณิตศาสตร์ รหัสวิชา 4109424 โดยนักศึกษาในหลักสูตรทุกคนจะต้องลงทะเบียนเรียนรายวิชานี้ในชั้นปีที่ 4 ตามแผนการศึกษา เพื่อเรียนรู้วิธีการใช้เทคโนโลยีที่หลากหลาย รวมทั้งวิธีการบูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีสอนและเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่จะสอน เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ เมื่อนักศึกษาต้องออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในชั้นปีที่ 5 ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนของนักศึกษาครูที่ได้รับการพัฒนา TPACK มาแล้วจากการเรียนในรายวิชาเทคโนโลยีสำหรับครูคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรในชั้นปีที่ 4 โดยศึกษาในระหว่างที่นักศึกษาออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในชั้นปีที่ 5 นอกจากนี้ผู้วิจัยมีความต้องการที่จะศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนกับนักศึกษาครูที่จัดการเรียนการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอนโดยผู้วิจัยใช้นักเรียนในโรงเรียนที่นักศึกษาไปฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูเป็นฐานของการวิจัยในครั้งนี้ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีการสอนและเนื้อหาที่สอนของนักศึกษาครู ที่จะก่อให้เกิดการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และจะส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนา TPACK มาแล้ว โดยศึกษาในระหว่างที่นักศึกษาออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนกับนักศึกษาครูที่จัดการเรียนการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอน

**วิธีดำเนินการวิจัย**

**แบบแผนการวิจัย**

ผู้วิจัยใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยวิธีการศึกษาพหุกรณีสำหรับนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ที่เป็นกลุ่มที่ศึกษา และใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณตามแบบแผนการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research design) ในรูปแบบ Non-Randomized Control - Group Pretest Posttest Design สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 และปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

**กลุ่มที่ศึกษา**

นักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการพัฒนา TPACK มาแล้วจากการเรียนในรายวิชาเทคโนโลยีสำหรับครูคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรในชั้นปีที่ 4 และออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในปีการศึกษา 2558 และ 2559 ในโรงเรียนที่ต่างกัน โดยมีการสอนที่บูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอน จำนวนทั้งสิ้น 3 คน ได้แก่ กันต์ ณัฐ และปรินทร์ (นามแฝง) ซึ่งนักศึกษาทั้ง 3 คนนี้มีผู้วิจัยเป็นอาจารย์นิเทศก์ในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู โดยกันต์สอนเรื่องการแยกตัวประกอบของพหุนามกำลัง 2 ตัวแปรเดียว ณัฐสอนเรื่องเส้นขนาน และปรินทร์สอนเรื่องความน่าจะเป็น นักศึกษาแต่ละคนจะสอนนักเรียน จำนวน 2 กลุ่ม โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

**ประชากร**

นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนที่นักศึกษาครูทั้ง 3 คน ไปฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู จำนวน 3 โรงเรียน เป็นจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 1,397 คน โดยแบ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1,174 คน (นักเรียนของโรงเรียนที่ 1 และโรงเรียนที่ 2 ในปีการศึกษา 2558) และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 223 คน (นักเรียนของโรงเรียนที่ 3 ในปีการศึกษา 2559)

**กลุ่มตัวอย่าง**

นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับนักศึกษาครูที่ผ่านการพัฒนา TPACK และมีการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชา จำนวนทั้งสิ้น 192 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling technique) โดยเลือกนักเรียนกลุ่มที่เรียนกับนักศึกษาครูกลุ่มที่ศึกษา ดังนี้

กลุ่มที่เรียนเรื่อง *การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรี 2 ตัวแปรเดียว (ม.2)* แบ่งเป็น

กลุ่มทดลอง 32 คน

กลุ่มควบคุม 31 คน

กลุ่มที่เรียนเรื่อง *เส้นขนาน (ม.2)* แบ่งเป็น

กลุ่มทดลอง 30 คน

กลุ่มควบคุม 34 คน

กลุ่มที่เรียนเรื่อง *ความน่าจะเป็น (ม.3)* แบ่งเป็น

กลุ่มทดลอง 32 คน

กลุ่มควบคุม 33 คน

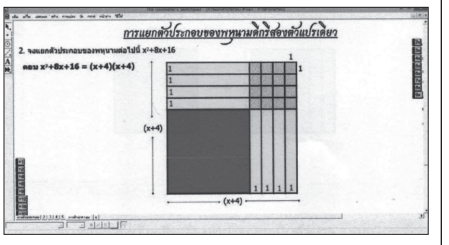
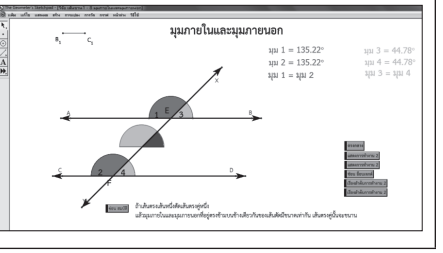
**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

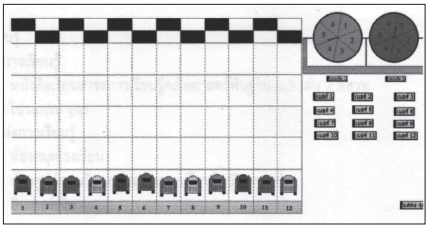
1) แผนการสอนเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาครูทั้ง 3 คน ที่มีการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน โดยนักศึกษาครูทั้ง 3 คน ได้ออกแบบแผนการสอนดังกล่าวแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) จากนั้นแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

2) ประเด็นคำถามสำหรับใช้ในการสนทนากลุ่มเพื่อศึกษาระดับ TPACK ของนักศึกษาครูในระหว่างและหลังจากการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอน เช่น เทคโนโลยีมีส่วนช่วยส่งเสริมในการเรียนรู้หรือกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างไร และครูมีการใช้เทคโนโลยีในการสอนได้เหมาะสมหรือไม่อย่างไร จุดใดไม่เหมาะสม ควรมีการแก้ไขหรือพัฒนาการใช้เทคโนโลยีอย่างไร เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น เป็นต้น ซึ่งประเด็นคำถามดังกล่าวเป็นประเด็นที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอน เพื่อให้นักศึกษาครูสะท้อนระดับ TPACK ของตนเอง

3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนกับนักศึกษาครูที่จัดการเรียนการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอน โดยผู้วิจัยได้ออกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นทำการทดลองนำร่อง เพื่อหาความเชื่อมั่น ความยาก และอำนาจจำแนกของข้อสอบพบว่า แบบทดสอบนี้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93 และมีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบในแต่ละข้ออยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

**ตารางที่ 1** เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอน เทคโนโลยีที่ใช้บูรณาการ และจำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองของนักศึกษาครูแต่ละคน

| นักศึกษาครู | เนื้อหาที่สอน | เทคโนโลยีที่ใช้บูรณาการ | จำนวนนักเรียนกลุ่มทดลอง | ภาพตัวอย่างการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหา |
|---|---|---|---|---|
| กันต์ | การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรี 2 ตัวแปรเดียว (ม.2) | โปรแกรม GSP | 32 คน |  |
| ณัฐ | เส้นขนาน (ม.2) | โปรแกรม GSP | 30 คน |  |

| นักศึกษาครู | เนื้อหาที่สอน | เทคโนโลยีที่ใช้บูรณาการ | จำนวนนักเรียนกลุ่มทดลอง | ภาพตัวอย่างการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนเนื้อหา |
|---|---|---|---|---|
| ปรินทร์ | ความน่าจะเป็น (ม.3) | โปรแกรม GSP | 32 คน |  |

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

1) หลังจากที่นักศึกษาครูทั้ง 3 คน ได้ออกแบบแผนการสอนที่มีการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับวิธีสอนและเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่สอน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องที่ตนเองสอนแล้ว นักศึกษาครูแต่ละคนทำการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองตามแผนการสอนที่สร้างขึ้นในเนื้อหาที่กำหนด โดยมีการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาที่สอน ในขณะเดียวกันทำการสอนกับกลุ่มควบคุมด้วยวิธีปกติ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเนื้อหาที่เรียน

2) ผู้วิจัยเก็บรวมรวมข้อมูลระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูทั้ง 3 คน ผ่านการสนทนากลุ่ม (Focus group discussion) ตามประเด็นคำถามที่กำหนดเพื่อศึกษาระดับ TPACK ของนักศึกษาครู ซึ่งผู้วิจัยในฐานะที่เป็นอาจารย์นิเทศก์ ได้มีการนัดหมายสนทนากลุ่มในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ โดยนัดหมายหลังเวลาราชการของทุกวันพุธของแต่ละสัปดาห์หรือตามความสะดวก นอกจากนี้ผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูล TPACK ของนักศึกษาครูทั้ง 3 คน เพิ่มเติมจากการสัมภาษณ์ครูพี่เลี้ยง (Interview) และจากการสังเกตการสอนในชั้นเรียน (Classroom observation) เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินระดับ TPACK ของนักศึกษาครู

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ดังนี้

1) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อวิเคราะห์ระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูทั้ง 3 คน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากข้อมูลที่ถอดมาจากการสนทนากลุ่ม โดยมีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) กับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูพี่เลี้ยงและจากการสังเกตการสอนในชั้นเรียน ซึ่งมีเกณฑ์ (Rubric score) ในการวัดระดับ TPACK ของนักศึกษาครูที่ประยุกต์มาจากตัวแบบการพัฒนา TPACK (TPACK Developmental Model) ของ Niess และคณะ (2009) ดังนี้

ระดับที่ 1 การรู้จัก (Recognizing) ระดับนี้เป็นระดับที่นักศึกษาครูรู้จักเทคโนโลยี แต่ยังไม่มีความต้องการหรือความตั้งใจในการที่จะนำเทคโนโลยีเข้ามาบูรณาการกับการเรียนการสอน

ระดับที่ 2 การยอมรับ (Accepting) เป็นระดับที่นักศึกษาครูสามารถบอกได้ว่าตนมีเจตคติที่ดีหรือไม่ดีต่อการบูรณาการเทคโนโลยีในการเรียนการสอนเนื้อหาวิชาที่ตนเองรับผิดชอบ

ระดับที่ 3 การปรับตัว (Adapting) เป็นระดับที่ครูมีส่วนร่วมต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีนั้น โดยครูจะเริ่มทำการทดลองใช้เทคโนโลยีนั้น ๆ ในรายวิชาที่ตนรับผิดชอบจริง แต่จะใช้เทคโนโลยีในระดับพื้นฐาน เพื่อที่จะดูว่าตนควรจะนำมาใช้หรือไม่นำมาใช้ ในระดับนี้ครูจะใช้กิจกรรมที่คนอื่นออกแบบไว้แล้วมาใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอน

ระดับที่ 4 การสำรวจ (Exploring)เป็นระดับที่ครูมีความตั้งใจในการบูรณาการเทคโนโลยีในการเรียนการสอนรายวิชาที่ตนเองรับผิดชอบ ดังนั้นครูที่ตัดสินใจใช้เทคโนโลยีจะเริ่มออกแบบการเรียนการสอนตามหลักสูตรโดยบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อสร้างให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่สอนมากขึ้น

ระดับที่ 5 การพัฒนา (Advancing) เป็นระดับที่ครูได้ประเมินแล้วว่าการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับวิธีสอน และเนื้อหาสาระที่สอนเข้าด้วยกันนั้นมีคุณค่าเพียงใด และพยายามที่จะออกแบบการเรียนการสอนหรือพัฒนาสิ่งที่มีอยู่ในหลักสูตรให้มีการบูรณาการกับเทคโนโลยีในหลาย ๆ ทางเพื่อช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนในการเรียนเนื้อหานั้น ๆ

2) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ เพื่อวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนตามแบบแผนการวิจัยแบบศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ไม่เท่าเทียมกัน วัดก่อนและหลังการทดลอง (Nonequivalent control group pretest-posttest design) โดยใช้สถิติ Dependent sample t-test เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนและหลังการเรียนในแต่ละเนื้อหาที่นักศึกษาครูสอน และใช้ Independent sample t-test เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการเรียนจากทั้ง 3 เนื้อหาที่นักศึกษาครูสอน

**ผล**

1) ผลการศึกษาระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูคณิตศาสตร์

ผลการศึกษาระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูคณิตศาสตร์ทั้ง 3 คน ที่ได้ทำการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอนในแต่ละกลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากการสนทนากลุ่มระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู การสัมภาษณ์ครูพี่เลี้ยง และการสังเกตชั้นเรียนพบว่า กันต์ และณัฐ ซึ่งสอนในเรื่องการแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรี 2 ตัวแปรเดียวและเรื่องเส้นขนาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามลำดับนั้น มีระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) อยู่ในระดับที่ 4 การสำรวจ (Exploring) เนื่องจากนักศึกษาครูทั้ง 2 คน มีความตั้งใจในการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาที่ตนเองรับผิดชอบ โดยตัดสินใจใช้โปรแกรม GSP ออกแบบการเรียนการสอนตามหลักสูตร โดยนำโปรแกรม GSP มาบูรณาการในการออกแบบกิจกรรม เพื่อสร้างให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่สอน รวมทั้งต้องการดึงดูดความสนใจของนักเรียนมากขึ้น ดังที่ กันต์ และณัฐ ได้กล่าวไว้ในระหว่างการสนทนากลุ่มดังนี้

*กันต์* “เรื่องการแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรี 2 ตัวแปรเดียวมีปัญหาอยู่คือนักเรียนไม่เข้าใจวิธีการแยกตัวประกอบ ทำให้นักเรียนไม่บรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้เรื่องนี้ และจากการที่ผมได้สังเกตชั้นเรียนที่ผ่านมาพบว่า ครูยังใช้สื่อการสอนที่ไม่เหมาะสม ครูบางคนไม่มีสื่อการสอนเลย ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุให้นักเรียนไม่สามารถเข้าใจในเนื้อหานี้ได้เป็นอย่างดี ผมจึงตั้งใจที่จะออกแบบกิจกรรมโดยใช้โปรแกรม GSP โดยใช้หลักการพิจารณาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมที่แทนตัวแปรที่กำหนด และเพิ่มเติมสีสันเข้าไปในภาพ ผมคาดว่า

การสอนโดยใช้ GSP ในเรื่องนี้จะทำให้นักเรียนสนใจและมีความเข้าใจมากขึ้น ซึ่งเมื่อนำไปใช้สอนแล้ว ผมประเมินได้เลยว่านักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องนี้ได้เร็วมาก เนื่องจากการใช้สีที่ต่างกันแทนพื้นที่สี่เหลี่ยม เพื่อสื่อความหมายของแต่ละพจน์ และ animation ของรูปสี่เหลี่ยมที่สร้างขึ้นจาก GSP ทำให้นักเรียนเห็นภาพการแยกตัวประกอบชัดเจนขึ้น รวมทั้งให้ความสนใจกับกิจกรรมในชั้นเรียนมาก"

*ณัฐ* "ในการเรียนเรื่องเส้นขนาน ถ้าจะให้นักเรียนมีความเข้าใจจริงนั้นนักเรียนจะต้องพิสูจน์สมบัติต่าง ๆ ของเส้นขนานให้ได้ ซึ่งผมว่าถ้าเราสร้างสื่อการสอนที่ใช้ GSP เพื่อแสดงให้เห็นถึงการพิสูจน์สมบัติต่าง ๆ ของเส้นขนาน การสอนจะไปได้เร็วมาก เพราะ GSP สามารถวัดมุมเพื่อตรวจสอบสมบัติ รวมถึงเลื่อนขนานรูปเพื่อตรวจสอบความเท่ากันของมุมได้ด้วย ดังนั้นผมตั้งใจจะออกแบบกิจกรรมพิสูจน์สมบัติต่าง ๆ ของเส้นขนาน และทำให้มีสีสันเพื่อให้นักเรียนเข้าใจสมบัติต่าง ๆ ของเส้นขนานง่ายยิ่งขึ้น ระหว่างการสอนพบว่า นักเรียนมีความสนใจและตื่นเต้นที่ได้เห็นการพิสูจน์สมบัติต่าง ๆ ผ่านโปรแกรม GSP หลังสอนผมประเมินได้ว่าการใช้โปรแกรม GSP ทำให้เด็กเข้าใจและจำสมบัติต่าง ๆ ของเส้นขนานได้เร็วขึ้น ซึ่งเด็กสามารถที่จะทำแบบฝึกหัดหลังเรียนได้ถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว"

ในขณะเดียวกันพบว่า ปรินทร์ ซึ่งสอนเรื่องความน่าจะเป็น มีระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) อยู่ในระดับที่ 5 การพัฒนา (Advancing) เพราะนอกจากปรินทร์จะมีความตั้งใจในการบูรณาการเทคโนโลยีในการเรียนการสอนในเนื้อหาที่ตนเองรับผิดชอบ โดยตัดสินใจใช้โปรแกรม GSP ออกแบบการเรียนการสอนตามหลักสูตรโดยมีการนำโปรแกรม GSP มาบูรณาการในการออกแบบกิจกรรมเพื่อสร้างให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่สอนและดึงดูดความสนใจของนักเรียนมากขึ้น แล้วปรินทร์ยังสามารถประเมินได้ว่าการบูรณาการเทคโนโลยี GSP เข้ากับวิธีสอน และเนื้อหาสาระที่สอนเข้าด้วยกันนั้นมีคุณค่ามาก และพยายามที่จะออกแบบการเรียนการสอน หรือพัฒนาสิ่งที่มีอยู่ในหลักสูตรให้มีการบูรณาการกับเทคโนโลยีในหลาย ๆ ทางเพื่อช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนในการเรียนเนื้อหาเรื่องความจะน่าเป็นนั้น ดังที่ปรินทร์ได้กล่าวไว้ในระหว่างการสนทนากลุ่มดังนี้

*ปรินทร์* "ปกติแล้วในเรื่องความน่าจะเป็นส่วนใหญ่จะสอนโดยใช้สื่อของจริง เช่น ลูกเต๋า หรือใช้ลูกดอกปาเป้า แต่ผมว่า GSP สามารถทำได้ ผมจะออกแบบสื่อการสอนความน่าจะเป็นโดยใช้ GSP แต่ความท้าทายอยู่ที่ทำอย่างไรจึงจะทำให้ดูสมจริงมากที่สุด เช่น สื่อปาเป้าบน GSP ที่ใช้เทคนิคทำให้วงล้อหมุนได้ หรือแม้แต่การทอยลูกเต๋าที่ให้มีการ animate เสมือนจริงและสุ่มแสดงแต้มบนหน้าลูกเต๋า ผมว่าการใช้ GSP แบบนี้ดีมาก ๆ เลย และผมได้เพิ่มการออกแบบกิจกรรมในส่วนที่เป็นเกม โดยจะทำเกมรถแข่ง ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้เรื่องความน่าจะเป็นในการเล่นเกมบน GSP ก่อนสอนผมคาดว่านักเรียนจะต้องสนใจและสนุกกับกิจกรรมการเรียนรู้แน่นอน และเมื่อนำมาใช้สอนผมพบว่า เด็ก ๆ ให้ความสนใจมาก ห้องเรียนคณิตศาสตร์เป็นห้องเรียนที่มีชีวิตชีวา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันที่เล่นเกม ทั้งคาบมีแต่เสียงลุ้นและเสียงหัวเราะ การแข่งขันบน GSP ทำให้ผมสามารถเห็นถึงความเข้าใจที่ดีของเด็กได้"

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้เรียนกับนักศึกษาครูที่ผ่านการพัฒนา TPACK และมีการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่สอนในแต่ละกลุ่ม

**ตารางที่ 2** การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนของนักเรียนกลุ่ม A กลุ่ม B และกลุ่ม C ซึ่งเป็นกลุ่มทดลองที่เรียนกับนักศึกษาครูที่ผ่านการพัฒนา TPACK และมีการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาที่สอน

| เรื่องที่เรียน | กลุ่มที่ | จำนวน | $\bar{X}$ ก่อนเรียน | S.D. ก่อนเรียน | $\bar{X}$ หลังเรียน | S.D. หลังเรียน | t | p-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรี 2 ตัวแปรเดียว (ม.2)** | นักเรียนกลุ่ม A ที่เรียนกับกันต์ | 32 | 7.50 | 3.30 | 16.09 | 1.61 | -15.38* | .000 |
| **เส้นขนาน (ม.2)** | นักเรียนกลุ่ม B ที่เรียนกับณัฐ | 30 | 7.73 | 3.05 | 16.53 | 1.81 | -22.36* | .000 |
| **ความน่าจะเป็น (ม.3)** | นักเรียนกลุ่ม C ที่เรียนกับปรินทร์ | 32 | 7.47 | 3.08 | 18.63 | 1.68 | -29.26* | .000 |

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มที่ได้เรียนกับนักศึกษาครูที่ผ่านการพัฒนา TPACK และมีการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ทั้ง 3 เนื้อหาวิชา ได้แก่ การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรี 2 ตัวแปรเดียว เส้นขนาน และความน่าจะเป็น ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

**ตารางที่ 3** การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนของนักเรียนกลุ่ม A กลุ่ม B และกลุ่ม C ซึ่งเป็นกลุ่มทดลอง กับนักศึกษากลุ่ม A*, กลุ่ม B* และกลุ่ม C* ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติ

| เรื่องที่เรียน | กลุ่มที่ | จำนวน | $\bar{X}$ หลังเรียน | S.D. หลังเรียน | t | Mean Difference | p-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรี 2 ตัวแปรเดียว (ม.2)** | **นักเรียนกลุ่ม A (กลุ่มทดลอง)** | 32 | 16.09 | 1.61 | 3.17* | 1.19 | .002 |
| | นักเรียนกลุ่ม A* (กลุ่มควบคุม) | 31 | 14.90 | 1.35 | 3.18* | | |
| **เส้นขนาน (ม.2)** | **นักเรียนกลุ่ม B (กลุ่มทดลอง)** | 30 | 16.53 | 1.81 | 3.48* | 1.50 | .001 |
| | นักเรียนกลุ่ม B* (กลุ่มควบคุม) | 34 | 15.03 | 1.64 | 3.46* | | |
| **ความน่าจะเป็น (ม.3)** | **นักเรียนกลุ่ม C (กลุ่มทดลอง)** | 32 | 18.63 | 1.68 | 4.71* | 2.20 | .000 |
| | นักเรียนกลุ่ม C* (กลุ่มควบคุม) | 33 | 16.42 | 2.06 | 4.72* | | |

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละเนื้อหาวิชา ได้แก่ การแยกตัวประกอบของพหุนามกำลัง 2 ตัวแปรเดียว เส้นขนาน และความน่าจะเป็นของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมในทุก ๆ เนื้อหา

**อภิปรายผล**

จากผลการศึกษาระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน (TPACK) ของนักศึกษาครูคณิตศาสตร์โดยศึกษาในระหว่างที่นักศึกษาออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ซึ่งพบว่า นักศึกษาครู 2 คน ที่สอนในเรื่องการแยกตัวประกอบของพหุนามกำลัง 2 ตัวแปรเดียว และเรื่องเส้นขนาน มีระดับ TPACK อยู่ในระดับที่ 4 การสำรวจ (Exploring) และนักศึกษาครู 1 คน ที่สอนเรื่องความน่าจะเป็นมีระดับ TPACK อยู่ในระดับที่ 5 การพัฒนา (Advancing) นั้นถือได้ว่านักศึกษาทั้ง 3 คน มีระดับ TPACK ที่สูงมาก ซึ่งชี้ให้เห็นว่าหลักสูตรผลิตครูที่มีการส่งเสริมให้นักศึกษาครูได้เรียนรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอน

และเนื้อหาที่สอน เช่น รายวิชาเทคโนโลยีสำหรับครูคณิตศาสตร์ รหัสวิชา 4109424 ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 ที่นักศึกษาทุกคนในหลักสูตรต้องเรียนในชั้นปีที่ 4 นั้น สามารถช่วยให้นักศึกษาครูพัฒนาความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับเนื้อหาที่สอนและวิธีสอน (TPACK) ได้มาก เนื่องจากในรายวิชานี้ผู้สอนเริ่มต้นจากการแนะนำให้รู้จักเทคโนโลยี เช่น ซอฟแวร์ทางการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักศึกษาครูมีความคุ้นเคยและเห็นถึงประโยชน์ของเทคโนโลยี เมื่อนักศึกษาคุ้นเคยและเห็นถึงประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีแล้วจึงให้ลองปฏิบัติตามตัวอย่างของการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี จากนั้นจึงให้นักศึกษาออกแบบการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเองเพื่อนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เรียนมาสร้างกิจกรรมที่ทำให้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมให้มีความเป็นรูปธรรมมาก ซึ่งกระบวนการสอนในรายวิชานี้สอดคล้องตามกรอบแนวคิดตามตัวแบบการพัฒนา TPACK หรือ TPACK Developmental Model ของ Niess และคณะ (2009) และเมื่อถึงเวลาที่นักศึกษาครูต้องออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในชั้นปีที่ 5 พบว่า นักศึกษาบางคนได้นำความรู้ที่ได้จากรายวิชานี้ไปประยุกต์ใช้จริงในการจัดการเรียนการสอนให้แก่นักเรียนในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mouza et al. (2014) ที่กล่าวถึงการใช้วิธีการสอนแบบบูรณาการเพื่อพัฒนา TPACK แก่นักศึกษา ครู โดยพบว่า นักศึกษาครูที่ผ่านการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการมีการพัฒนาระดับ TPACK และมีการประยุกต์ใช้ความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อการจัดการเรียนการสอนในทางปฏิบัติ

นอกจากนี้ในส่วนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้เรียนกับนักศึกษาครูที่ผ่านการพัฒนา TPACK และมีการสอนโดยการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาวิชาที่สอน ซึ่งพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติในทุก ๆ เนื้อหา ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การนำเทคโนโลยีมาบูรณาการกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนสามารถส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาการเรียนรู้ได้ดี ทั้งนี้เนื่องมาจากการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยสอนสามารถทำให้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมสูงมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการแยกตัวประกอบของพหุนามกำลังสองตัวแปรเดียว ซึ่งมีครูจำนวนน้อยมากที่ใช้สื่อการสอนในเรื่องนี้ เนื่องจากมีความเป็นนามธรรมสูง แต่นักศึกษาครูได้ใช้แนวคิดของพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมเพื่อให้เห็นภาพของการแยกตัวประกอบ ส่วนในเรื่องของเส้นขนานส่วนใหญ่สื่อที่ครูใช้จะเป็นสื่อที่ทำจากกระดาษเพื่อแสดงให้เห็นถึงมุมภายนอกหรือมุมภายในที่เท่ากัน รวมทั้งมุมที่รวมกันได้ 180 องศา ตามสมบัติต่าง ๆ ของเส้นขนาน โดยใช้หลักการซ้อนทับของมุมเพื่อแสดงสมบัติต่าง ๆ แต่การใช้เทคโนโลยีพบว่า มีประสิทธิภาพมากกว่า เพราะสามารถทำภาพเคลื่อนไหว (Animation) ให้เห็นภาพการซ้อนทับกันของมุมต่าง ๆ เพื่อแสดงการเท่ากันหรือรวมกันได้ 180 องศา และยังสามารถวัดขนาดของมุมออกมาให้เห็นได้จริง ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความเข้าในเรื่องเส้นขนานมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ในเรื่องความน่าจะเป็นซึ่งส่วนใหญ่ครูจะต้องใช้สื่อของจริงในการสอน แต่พบว่า โปรแกรม GSP สามารถทำให้นักเรียนเห็นภาพที่เสมือนจริงเพื่อเรียนรู้เรื่องนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความน่าสนใจมากขึ้น สิ่งเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียนและทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Idris (2009) ที่พบว่า เทคโนโลยี เช่น โปรแกรม GSP ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น และงานวิจัยของ Eyyam & Yaratan (2014) ที่พบว่า เทคโนโลยีส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และเจตคติที่ดีของนักเรียน

**สรุป**

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนให้แก่นักศึกษาครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์ในระหว่างที่นักศึกษากำลังศึกษาอยู่ในหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน ซึ่งผลจากการวิจัยชี้ให้เห็นแล้วว่าหลักสูตรครูที่มีการส่งเสริมและพัฒนาให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญและสามารถบูรณาการเทคโนโลยีให้เข้ากับการจัดการเรียนการสอนส่งผลให้นักศึกษาครูมีศักยภาพและสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีไปประยุกต์จริงในการจัดการเรียนการสอนให้แก่นักเรียนในชั้นเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย มองเห็นองค์ความรู้หรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในเรื่องที่เรียนได้อย่างถูกต้อง ง่ายขึ้น มีความน่าสนใจ และส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพบว่า เทคโนโลยีที่นักศึกษาครูทั้ง 3 คน เลือกใช้เป็นเพียงโปรแกรม GSP เท่านั้น ซึ่งอาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 คน สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และเนื้อหาที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นนี้มีความจำเป็นที่จะต้องถ่ายทอดให้มีความเป็นรูปธรรมด้วยภาพ ดังนั้น GSP จึงเหมาะสำหรับการเรียนรู้ในระดับนี้ ผู้วิจัยเสนอแนะต่อการวิจัยครั้งต่อไปว่า ควรมีการศึกษาระดับ TPACK ของนักศึกษาครูที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื่องจากมีเทคโนโลยีประเภทซอฟแวร์ทางคณิตศาสตร์อีกหลายประเภท เช่น Maple Mathematica หรือ MATLAB เป็นต้น ที่นักศึกษาครูสามารถเลือกใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายให้มีประสิทธิภาพได้

**เอกสารอ้างอิง**

Adulyasas, L. (2017). Measuring and factors influencing mathematics teachers' technological pedagogical and content knowledge (TPACK) in three southernmost provinces, Thailand. *SCOPUS Indexed AIP Conference Proceedings of the 4th International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Science,* 1868(1), 050032-1-050032-7.

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.

Eyyam, R. & Yaratan, H. S. (2014). Impact of use of technology in mathematics lessons on student achievement and attitudes. *Social Behavior and Personality*, *42*(Suppl.), S31-S42.

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*(3), 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*(2), 163-178.

Shamburg, C. (2004). Conditions that inhibit the integration of technology for urban early childhood teachers. *Information Technology in Childhood Education Annual*, *2004*(1), 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.