

หัวข้อวิจัย โปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อสร้างทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์

ผู้ดำเนินการวิจัย ผศ.ดร.วรวีวัฒน์ พรหมเด่น เทพพร โลมารักษ์ บัญชา นวนสาย และอรุณรัศมี แสงศิลา

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สร้างโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อสร้างทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์ (2) นำโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา ไปใช้ในการสร้างทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์ โดยกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ คณะครูในโรงเรียนกองทุนการศึกษาในจังหวัดบุรีรัมย์ ที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 4 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนนิคมสร้างตนเอง 5 โรงเรียน บ้านแท่นทพไทย โรงเรียนบ้านน้อยหนองหว้า และโรงเรียนบ้านลำนางรอง ที่มีปัญหาด้านการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาและมีภาระงานสอนมากกว่า 1 รายวิชา ในระดับชั้นเดียวกัน โดยครูสมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย จำนวน 30 คนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย โปรแกรมพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม แบบทดสอบวัดความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนการสอน ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้บ่งชี้ระดับสมรรถนะด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนกำหนดไว้ 4 ระดับคือ ยอดเยี่ยม ชำนาญ เริ่มชำนาญ และเริ่มต้น

ผลการวิจัย พบว่า

1. โปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการพัฒนาสมรรถนะและทักษะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครูวิทยาศาสตร์ได้
2. ผลการผลการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 หลังการอบรม โดยใช้ผู้ประเมินที่เป็นอาจารย์นิเทศการสอนในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน พบว่าสมรรถนะด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ ทั้ง 5 องค์กรประกอบ มีผลการประเมิน (ค่าเฉลี่ยรายด้าน) เท่ากับ 2.48 (S.D.=0.41) ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพระดับเริ่มชำนาญ (Approaching Proficient)
3. การทดสอบหลังการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 62.23 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.04 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์กับคะแนนสอบของครู หลังการฝึกอบรมพบว่าคะแนนสอบของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นคะแนนความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของครู หลังหลังการอบรมสูงกว่าเกณฑ์

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา โปรแกรมพัฒนาครู ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน สมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้

Research Title: Professional Development Program Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics Promoting 21st Century Instructional Skills for Education Development Foundation Schools, Buriram Province

Researcher: Asst. Prof. Dr. Worrawat Promden, Dr. Tepporn Lomarak, Bancha Nuansai, and Dr. Arunrassame Sangsila

ABSTRACT

The purpose of this research was to (1) develop a professional development instructional program integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) for developing in-service science teachers' pedagogical content knowledge (2) assess teaching competencies and skills in 21st century according to implement the professional development instructional program Integrated STEM through workshop and following up by experts from faculty of Education, and (3) assess teaching competencies and skills in 21st century after implementing the professional development instructional program Integrated STEM. The rubric scoring assessment observational form was designed for classifying competencies' levels of teaching and skills in 21st century. These levels were beginning, approaching proficient, proficient, and distinguished levels.

The research findings revealed as follows:

1. The integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) were highly recommended to use for developing in-service science teachers' teaching competencies and skills in 21st century.

2. From experts' evaluation, the results indicated that competencies' levels of teaching and skills in 21st century in teaching and learning management of in-service science teachers was achieved as approaching proficient level (Mean = 2.48, S.D.=0.41)) in 5 aspects including --planning for STEM instruction, classroom environment and STEM classroom learning management, Strategies for encouraging student to learn effectively, feedback and assessment, and Teaching Reflection—with approaching proficient level of assessment.

3. The results of t-test one sample indicated that teachers' achievement score on content knowledge after implementing the integrated STEM program was higher than the criterion score of 75% at the 0.01 level of significance.

Keywords: STEM education, Professional Development Program, Pedagogical Content Knowledge, Competencies of teaching and learning management

บทนำ

ความท้าทายด้านการศึกษาศตวรรษที่ 21 ในการเตรียมความพร้อมผู้เรียนในในยุคปัจจุบัน ที่มีผลกระทบจากกระแสการเปลี่ยนทางสังคมที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในศตวรรษใหม่ ครูผู้สอนในยุคปัจจุบันจึงต้องปรับตัวและปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้และทักษะชีวิตสำหรับการออกไปดำรงชีวิตในโลกปัจจุบันได้อย่างมีความสุข ซึ่งการเสริมสร้างทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญที่สุด คือ ทักษะการเรียนรู้ (Learning Skill) ส่งผลให้เกิดการปฏิรูปเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนการเตรียมความพร้อมด้านต่าง ๆ ตลอดเวลา

วิจารณ์ พานิช (2555: 16-21) ได้กล่าวว่าสาระวิชาที่มีความสำคัญแต่ไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้เพื่อมีชีวิตในโลกยุคศตวรรษที่ 21 ปัจจุบันการเรียนรู้สาระวิชา (Content) ควรเป็นการเรียนจากการค้นคว้าเองของศิษย์ โดยครูช่วยแนะนำ และช่วยออกแบบกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนแต่ละคนสามารถประเมินความก้าวหน้าของการเรียนรู้ของตนเองได้ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) การสื่อสารและความร่วมมือ (Communication and Collaboration) ทักษะสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี ประกอบด้วยทักษะด้านสารสนเทศ (Information Literacy) ทักษะด้านสื่อ (Media Literacy) ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information, Communications and Technology Literacy) เป็นต้น (วิจารณ์ พานิช. 2555: 17 ; Partnership for 21st Century Skills ; Bellanca , J. & Brandt, R., 2010)

กรอบแนวคิดเชิงโมทัศน์สำหรับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางเนื่องด้วยเป็นกรอบแนวคิดที่เน้นผลลัพธ์ที่เกิดกับผู้เรียน (Student Outcomes) ทั้งในด้านความรู้สาระวิชาหลัก (Core Subjects) และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่จะช่วยผู้เรียนได้เตรียมความพร้อมในหลากหลายด้าน รวมทั้งระบบสนับสนุนการเรียนรู้ ได้แก่มาตรฐานและการประเมิน หลักสูตรและการเรียนการสอน การพัฒนาครู สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเรียนในศตวรรษที่ 21 การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ต้องก้าวข้าม “สาระวิชา” ไปสู่การเรียนรู้ “ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21” (21st Century Skills) ซึ่งครูจะเป็นผู้สอนไม่ได้ แต่ต้องให้นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้ด้วยตนเอง โดยครูจะออกแบบการเรียนรู้ ฝึกฝนให้ตนเองเป็นโค้ช (Coach) และอำนวยความสะดวก (Facilitator) ในการเรียนรู้แบบ PBL (Problem-Based Learning) ของนักเรียน ซึ่งสิ่งที่เป็นตัวช่วยของครูในการจัดการเรียนรู้คือ ชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ (Professional Learning Communities : PLC) ที่เกิดจากการรวมตัวกันของครูเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์การทำงานที่ของครูแต่ละคนในโรงเรียน

ในขณะที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เสนอแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีเป้าหมายเพื่อขับเคลื่อนนักเรียนไทยทุกช่วงชั้นให้มีความรู้ความสามารถสูงขึ้นและทัดเทียมกับนานาชาติภายในปี พ.ศ. 2570 พร้อมทั้งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ต่อปี โดยมุ่งยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ทุกช่วงชั้นอย่างเต็มศักยภาพซึ่งประกอบด้วยยุทธศาสตร์การวิจัย พัฒนาและเผยแพร่หลักสูตร สื่อ อุปกรณ์ กระบวนการเรียนรู้ การประเมินมาตรฐานการศึกษา การส่งเสริมพัฒนาสถานศึกษา ครู บุคลากรทางการศึกษา การสร้างความตระหนักส่งเสริมการเรียนรู้ด้านดังกล่าวเพื่อสร้างคุณภาพการดำรงชีวิต ซึ่งการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามร่างแผนยุทธศาสตร์นี้เป็นการวางโครงสร้างพื้นฐานที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน พัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครู โรงเรียน รวมทั้งการประเมินมาตรฐานการศึกษาที่เข้มแข็งทันสมัยสอดคล้องกันอย่างเป็นระบบที่มีศักยภาพสูงมุ่งผลสำเร็จตามเป้าหมายโดยได้นำแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education ; Science, Technology, Engineering and Mathematics Education) ซึ่งเน้น

บูรณาการองค์ความรู้ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ รวมทั้งวิชาต่าง ๆ เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจหรือแนวทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหาได้จริงเข้าสู่การปฏิบัติตามแผนดังกล่าวโดยมีทิศทางที่สอดคล้องกันนับตั้งแต่หลักสูตรซึ่งเป็นการบูรณาการระหว่างวิชาความรู้ ความเข้าใจของครูผู้สอนทั้งด้านทฤษฎี และส่งเสริมให้นักเรียนปฏิบัติ สื่อการเรียนรู้รวมทั้งการวัดผล ประเมินผลที่เป็นรูปธรรม เป้าหมายเพื่อสร้างผู้เรียนให้เป็นนักคิด นักแก้ปัญหาพัฒนาอาชีพได้ทุกสาขา เพิ่มมูลค่าหรือลดต้นทุนการผลิตสร้างรายได้เปรียบในการแข่งขันบนเวทีเศรษฐกิจโลกได้

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้ รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ ดังนั้นสะเต็มศึกษาจึงเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงทางวิศวกรรมศาสตร์ เป็นกลไกขับเคลื่อนกิจกรรมการเรียนการสอน ทั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคตได้ (Dejarnette, 2012; Breiner, et al., 2012; Wayne, 2012; ธวัช ชิตตระการ, 2555; รัชพล ธนาณรงค์, 2556; อภิสิทธิ์ ังไชย และคณะ, 2555) นอกจากนี้สะเต็มศึกษาเป็นการสอนแบบบูรณาข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติวิชาและวิธีการสอนของแต่ละศาสตร์มาผสมผสานกัน เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้า และพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันเพราะในการทำงานนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วนๆ (Dejarnette, 2012; Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012 ; Wayne. 2012) อย่างไรก็ตามครูผู้สอนในโรงเรียนส่วนใหญ่ก็ยังไม่มั่นใจว่าโรงเรียนจะนำสะเต็มศึกษาสู่การปฏิบัติได้อย่างไรเพราะเป็นเรื่องที่ครูจะต้องเรียนรู้ใหม่ ครูส่วนมากไม่แน่ใจว่าจะสามารถนำไปจัดการเรียนรู้ในเวลาเรียนปกติได้หรือไม่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในโรงเรียนจึงเป็นประเด็นที่นักการศึกษา วิชาการศึกษาวิจัยกันอย่างกว้างขวางเพื่อหาทางออกร่วมกันและในปัจจุบันการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้รับความสนใจจากครู อาจารย์ และบุคลากรทางการศึกษาอย่างมาก (อลงกต ใหม่ดั่ง, 2557)

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีพระราชดำริให้ประธานองคมนตรีและคณะองคมนตรี ดำเนินงานเพื่อพัฒนาการศึกษาและคุณธรรมจริยธรรมให้แก่เด็กนักเรียน โดยได้พระราชทานเงินส่วนพระองค์ เพื่อนำไปช่วยเหลือสถานศึกษา โดยสนับสนุนเด็กนักเรียนที่ยากจน แต่มีความประพฤติดีที่ได้รับทุนพระราชทาน ได้มีโอกาสทางการศึกษาจนประกอบอาชีพได้ และสร้างความพร้อมด้านกายภาพให้แก่โรงเรียน สร้างจิตสำนึกให้ครูรักนักเรียน ให้นักเรียนรักครู พร้อมทั้งพระราชทานชื่อโครงการนี้ว่า “โครงการกองทุนการศึกษา” และ ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ พล.อ.เปรม ติณสูลานนท์ ประธานองคมนตรี เป็นประธานโครงการกองทุนการศึกษา ซึ่งโครงการนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ด้านคือ (1) ส่งเสริม สนับสนุน และปลูกฝังค่านิยมการยึดมั่นในคุณธรรม จริยธรรม เพื่อให้เด็กเติบโตเป็นพลเมืองที่มั่นคงอยู่ในคุณงามความดี (2) ส่งเสริมและสนับสนุนเด็กที่มีความประพฤติดี ให้ได้รับการศึกษาจนสำเร็จการศึกษา และ(3) ส่งเสริมสนับสนุนและช่วยเหลือโรงเรียนที่คณะกรรมการพิจารณาเห็นสมควร ในการดำเนินงานโครงการกองทุนการศึกษาได้จัดตั้งคณะกรรมการอำนวยการโครงการกองทุนการศึกษา โดยมีประธานองคมนตรี เป็นประธานคณะกรรมการอำนวยการโครงการกองทุนการศึกษา และ พล.อ.สุรยุทธ์ จุลานนท์ องคมนตรี เป็นประธานคณะ

กรรมการบริหารโครงการ สำหรับโรงเรียนสังกัด สพฐ. ที่เข้าร่วมโครงการทั้ง 4 โรง ซึ่งตั้งอยู่ในเขตจังหวัดบุรีรัมย์ ได้แก่ โรงเรียนนิคมสร้างตนเอง 5 โรงเรียนบ้านแท่นทัพไทย โรงเรียนบ้านน้อยหนองหว้า และโรงเรียนบ้านลำนางรอง

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ มีบทบาทโดยตรงในการพัฒนาครูโดยใช้กระบวนการวิจัยและบริการทางวิชาการเพื่อสร้างองค์ความรู้ในการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ได้มีการลงนามความมือ (MOU) ร่วมกับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา/ประถมศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อเป็นมหาวิทยาลัยพี่เลี้ยงในการส่งเสริมและพัฒนาโรงเรียนในรูปแบบของโครงการบริการวิชาการและวิจัยแก่โรงเรียนในเครือข่ายของมหาวิทยาลัย จากที่มาและความสำคัญของปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้ว คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์จึงได้เล็งเห็นความสำคัญในการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้และเสริมสร้างทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ให้เกิดขึ้นกับครูโรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา ซึ่งอยู่ในข่ายในการส่งเสริมและพัฒนาโรงเรียนของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ โดยมุ่งเน้นให้ครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 สร้างโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับพัฒนาครูโรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์
- 2.2 เพื่อพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สำหรับครูในโรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์
- 2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้วิทยาศาสตร์ ของครูโรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์

ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ขอบเขตด้านประชากร กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ คณะครูในโรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษาในจังหวัดบุรีรัมย์ ที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 4 โรง ได้แก่ โรงเรียนนิคมสร้างตนเอง 5 โรงเรียนบ้านแท่นทัพไทย โรงเรียนบ้านน้อยหนองหว้า และโรงเรียนบ้านลำนางรอง ที่มีปัญหาด้านการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาและมีภาระงานสอนมากกว่า 1 รายวิชา ในระดับชั้นเดียวกัน โดยครูสมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย จำนวน 30 คน

3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education) คือแนวทางการสอนแบบบูรณาข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่าง ศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติวิชา วิธีการสอนของแต่ละวิชามาผสมผสานกัน เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้า และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน สะเต็มศึกษาจึงเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดการบูรณาการการเรียนรู้อิงวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย

1. โปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่บูรณาการองค์ความรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) มีลักษณะการสอนที่ตั้งอยู่บนฐานการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน แล้วใช้เทคโนโลยีเข้ามาเพื่ออำนวยความสะดวกในการออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้แก้ปัญหาตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ 1) ชั้นระบุปัญหาหรือสถานการณ์ 2) ชั้นเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ชั้นออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา 4) ชั้นการทดลอง และ 5) ชั้นประเมินและปรับปรุงแก้ไข

2. แบบประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนการสอน ที่ครอบคลุมคุณลักษณะเชิงพฤติกรรมด้านการจัดการเรียนการสอน ความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามสมรรถนะด้านการจัดการเรียนการสอน 5 ด้าน คือ การวางแผนสำหรับการจัดเรียนรู้แบบบูรณาการการสอนเต็ม (ก่อนการสอน) การจัดบรรยากาศในการเรียนรู้และการบริหารจัดการห้องเรียนสะเต็ม กลยุทธ์กระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ผลย้อนกลับและการประเมินผลผู้เรียน และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ (หลังสอน) ในการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนการสอน เป็นการประเมินความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของครูกลุ่มเป้าหมายในโรงเรียนกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์ ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย จำนวน 4 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนนิคมสร้างตนเอง 5 โรงเรียนบ้านแท่นทัพไทย โรงเรียนบ้านน้อยหนองหัว และโรงเรียนบ้านลำนางรอง ที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย

การดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เพื่อสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งแบ่งตามขั้นตอนการวิจัยเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

การดำเนินการวิจัยระยะที่ 1 การศึกษาแนวคิดกำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นตอนการสังเคราะห์แนวคิดจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เพื่อสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับครู เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม ในการประชุมสนทนากลุ่ม ยังได้ร่วมพิจารณาเกณฑ์บ่งชี้และระดับคุณภาพด้านความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้เข้าร่วมการประชุมสนทนากลุ่ม ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนแนวสะเต็มศึกษาจำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 1 คน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

ผลการจัดประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า ผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้ คือ 1) ศึกษาสาระสำคัญของสาระวิทยาศาสตร์

คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในลักษณะของการบูรณาการ 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน 3) จัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) 4) จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) 5) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นทีม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน 6) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic assessment) ซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic learning)

ในการพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มเป็นการนำข้อมูลจากการสังเคราะห์แนวคิดจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการประชุมสนทนากลุ่มมาพัฒนาเป็นแนวทางในการกำหนดกิจกรรม แนวทางการประเมิน เกณฑ์และตัวชี้วัดในการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นตรวจสอบคุณภาพความเหมาะสมของโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม ภายใต้การแนะนำโดยผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงเครื่องมือ แล้วนำไปทดลองใช้จริง

เครื่องมือวิจัยที่ใช้ประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ปรับมาจากงานวิจัยกรอบการประเมินสมรรถนะด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครูวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ (เทพพร โลมารักษ์ และคณะ, 2558) ประกอบด้วยตัวบ่งชี้พฤติกรรมด้านการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ 5 องค์ประกอบ คือ การวางแผนสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (ก่อนการสอน) การจัดบรรยากาศในการเรียนรู้และการบริหารจัดการห้องเรียนสะเต็ม กลยุทธ์กระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ผลย้อนกลับและการประเมินผลผู้เรียน และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ (หลังการสอน)

การดำเนินการวิจัยระยะที่ 2 การพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับครู เป็นการพัฒนากิจกรรมฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับครูวิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาวิเคราะห์แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับหลักการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเพื่อออกแบบกิจกรรมและโปรแกรมการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา

2. ศึกษาเนื้อหาสาระสำคัญของสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในลักษณะของการบูรณาการ

3. ออกแบบกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา โดยมีผู้เชี่ยวชาญเข้าร่วมวิพากษ์และเสนอแนะ แล้วปรับปรุงแก้ไข

4. ออกแบบกิจกรรมฝึกอบรมประกอบด้วยการให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา การเขียนผังความคิดเหตุ-ผล การออกแบบการจัดการเรียนรู้ เรียนรู้แนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) การจัดการเรียนการสอนสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 กระบวนการ Coaching & mentoring และแนวทางในการจัดการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยใช้นวัตกรรมด้านการจัดการเรียนรู้ที่ครูในโรงเรียนออกแบบร่วมกับนักวิจัยภายใต้การให้คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา

5. นำแผนการจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อใช้ฝึกอบรมพัฒนาครูต่อไป

การดำเนินการวิจัยระยะที่ 3

นำแผนการจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา อบรมให้แก่ครูกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยใช้แบบประเมินสมรรถนะก่อนการอบรม และหลังการอบรม ด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อดูผลการพัฒนา

ผู้วิจัยนำแบบประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ไปประเมินผลการปฏิบัติการสอนของครูวิทยาศาสตร์แบบสะเต็มศึกษาของครูกลุ่มเป้าหมายที่สอนในโรงเรียนกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์ ที่เข้าร่วมโครงการวิจัยจำนวน 4 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนนิคมสร้างตนเอง 5 โรงเรียนบ้านแท่นทัพไทย โรงเรียนบ้านน้อยหนองหว้า และโรงเรียนบ้านลำนางรอง ซึ่งเป็นโรงเรียนที่มีปัญหาด้านการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยครูสมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัยจำนวน 30 คน เครื่องมือวิจัยปรับมาจากงานวิจัยรอบการประเมินสมรรถนะด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครูวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ (เทพพร โลมารักษ์ และคณะ, 2558) ซึ่งประกอบด้วยตัวบ่งชี้พฤติกรรมด้านการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ 5 องค์ประกอบ คือ (1) การวางแผนสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (2) การจัดบรรยากาศในการเรียนรู้และการบริหารจัดการห้องเรียนสะเต็ม (3) กลยุทธ์กระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (4) ผลย้อนกลับและการประเมินผลผู้เรียน และ (5) สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ (หลังการสอน) การวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบการวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียว ผู้วิจัยนำแบบประเมินผลการปฏิบัติการสอนของครูวิทยาศาสตร์แบบสะเต็มศึกษา ไปประเมินครูที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย จำนวน 30 คน ซึ่งปฏิบัติการสอนในภาคเรียนที่ 2/2560 โดยครูสมัครใจเข้าร่วมอบรมหลักสูตรการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ได้ทดสอบวัดความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ เป็นข้อสอบแบบปรนัยและแบบอัตนัย ซึ่งใช้เป็นแนวทางการประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Content Knowledge) ซึ่งแบบทดสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ นำไปหาความตรงโดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ตามกรอบประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Science Content knowledge) แบบทดสอบที่ได้มีค่าความตรงเชิงโครงสร้างระหว่าง 0.67-1.00 เมื่อนำแบบทดสอบไปหาคุณภาพแล้วจึงคัดเลือกข้อสอบที่เหมาะสมและผ่านเกณฑ์คุณภาพไว้จำนวน 43 ข้อ ซึ่งค่าความยาก 0.56-0.76 ค่าอำนาจจำแนก 0.26-0.63 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Lovett Reliability) มีค่า 0.8635 และผู้วิจัยนำแบบทดสอบอัตนัยชนิดตอบสั้น จำนวน 40 ข้อ (ใช้ประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์) ที่ผ่านการประเมิน ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ตามแนวทางการประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ แบบทดสอบที่ได้ทุกข้อมีค่าความตรงเชิงโครงสร้าง 0.67-1.00 เมื่อนำแบบทดสอบไปหาคุณภาพแล้วจึงคัดเลือกข้อสอบที่เหมาะสมและผ่านเกณฑ์คุณภาพไว้จำนวน 31 ข้อ ซึ่งมีค่าความยาก 0.56-0.70 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.33-0.46 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Coefficient Alpha) มีค่า 0.859 แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ปรับมาจากงานวิจัยรอบการประเมินสมรรถนะด้านความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครูวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ (เทพพร โลมารักษ์ และคณะ, 2558)

การดำเนินการวิจัยระยะที่ 4

สรุปและวิเคราะห์ผลการประเมินสมรรถนะ โดยใช้โปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เพื่ออธิบายการพัฒนาสมรรถนะการจัดการเรียนการสอน 5 ด้าน คือ การวางแผนสำหรับการจัดเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็ม (ก่อนการสอน) การจัดบรรยากาศในการเรียนรู้และการบริหารจัดการห้องเรียนสะเต็ม กลยุทธ์กระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ผลย้อนกลับและการประเมินผลผู้เรียน และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ (หลังสอน) ในการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนการสอน เป็นการประเมินพัฒนาการของครูด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยใช้โปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับโรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยเพื่อพัฒนาครูผู้สอนของโรงเรียนกองทุนการศึกษา โดยใช้โปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ต่าง ๆ ดังนี้

1. ประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ของครู หลังการอบรมโดยใช้โปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์ โดยผู้เชี่ยวชาญนิเทศติดตามประเมินผลสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครู หลังจากการเรียนรู้ด้วยรูปแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่พัฒนาโดยครูศึกษานิเทศก์ และนักวิจัย
2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Content Knowledge) หลังเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์ โดยใช้สถิติ t-test Dependent
3. วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัย

การประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครูวิทยาศาสตร์ หลังการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการสะเต็ม

หลังจากนำแบบประเมินการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นเกณฑ์บ่งชี้คุณภาพ ด้านความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบการประเมินสมรรถนะของครูโดยใช้เกณฑ์บ่งชี้คุณภาพด้านความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ประเมินได้จากเกณฑ์บ่งชี้ระดับคุณภาพ 4 ระดับ คือ ยอดเยี่ยม (Distinguished) ชำนาญ (Proficient) เริ่มชำนาญ (Approaching Proficient) และเริ่มต้น (Beginning) สำหรับการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครู ผู้วิจัยได้กำหนดตัวชี้วัดและเกณฑ์ในการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครู 5 องค์ประกอบ (ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.1) โดยครูวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 คน สมัครใจเข้าร่วมการอบรม (ใช้เวลาอบรมในวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ ต่อเนื่องกันจนครบ 12 ชั่วโมง และนิเทศก์ติดตามประเมินผลที่โรงเรียน) ตามกำหนดการ โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ การออกแบบการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา และแนวทางการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 วันที่ 17-18 กุมภาพันธ์ 2561 ณ โรงเรียนแท่นทัพไทย ตำบลหนองแวง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดบุรีรัมย์

ในการประเมินการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครู ผู้วิจัยได้สร้าง กำหนดการนิเทศก์ติดตาม เพื่อให้ครูได้เตรียมออกแบบและวางแผนการสอนในเวลาเรียนปกติ วัตถุประสงค์ให้ส่ง งานและกำหนดให้มีการนิเทศก์ติดตามในระหว่างวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ.2561 ถึงวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2561 แล้วผู้วิจัย และคณะศึกษานิเทศก์ จากสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 3 ร่วม นิเทศก์ประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครู หลังกระบวนการฝึกอบรมด้วย โปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม ผลการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการ เรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครู เป็นดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครูโรงเรียนกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์

สมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้	จำนวน (N)	ผลการประเมินสมรรถนะ ด้านการจัดการเรียนรู้ใน ศตวรรษที่ 21 (ค่าเฉลี่ยรายด้าน)	S.D.
1. การวางแผนสำหรับการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็ม (ก่อนการสอน)	30	2.10	0.33
2. การจัดบรรยากาศในการเรียนรู้และการ บริหารจัดการห้องเรียนสะเต็ม	30	2.67	0.48
3. กลยุทธ์กระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ที่มี ประสิทธิภาพ	30	2.63	0.24
4. ผลย้อนกลับและการประเมินผลผู้เรียน	38	2.45	0.34
5. สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ (หลังการสอน)	30	2.49	0.40
สมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (ค่าเฉลี่ย)		2.48	0.41

ผลการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยใช้ผู้ประเมินที่เป็นอาจารย์นิเทศ การสอนในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน พบว่าสมรรถนะด้านความรู้ในเนื้อหาหมวด กวิธีสอนของนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ ทั้ง 5 องค์ประกอบ มีผลการประเมิน (ค่าเฉลี่ยรายด้าน) เท่ากับ 2.48 (S.D.=0.41) ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพระดับเริ่มชำนาญ (Approaching Proficient)

ผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หลังจากที่ผ่านมาการอบรมด้วยโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียน การสอนแบบบูรณาการสะเต็ม

ข้อมูลที่น่าสนใจคือคะแนนจากแบบทดสอบวัดความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 38 คน ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 43 ข้อ (คะแนนเต็ม 43 คะแนน) ที่มีค่า ความยาก 0.56-0.76 ค่าอำนาจจำแนก 0.26-0.63 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Lovett Reliability) 0.8635 ส่วนแบบทดสอบอัตนัยชนิดตอบสั้น จำนวน 31 ข้อ (คะแนนเต็ม 37 คะแนน) ที่มีค่า ความยาก 0.56-0.70 ค่าอำนาจจำแนก 0.33-0.46 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Coefficient Alpha) เป็น 0.859 โดยคะแนนรวมของแบบสอบทั้งสองชุด มีคะแนนรวม 80 คะแนน

คะแนนความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หลังการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อสร้างทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์ เมื่อนำคะแนนสอบหลังเรียนมาเปรียบเทียบกับคะแนนเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ที่ 75% (หรือ 60 คะแนน) ผู้วิจัยใช้สถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังอบรมและคะแนนเกณฑ์ด้วยสถิติการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (t-test one sample) เพื่อการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังอบรมเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ในการวิเคราะห์ข้อมูล กลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม และไม่ทราบค่าความแปรปรวน โดยมีสมมติฐานเป็นดังนี้

H_0 : คะแนนเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนเท่ากับ 60 หรือคิดเป็นร้อยละ 75

H_1 : คะแนนเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนมากกว่า 60 หรือมากกว่าร้อยละ 75

ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 4.2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติ ในการทดสอบเปรียบเทียบเกณฑ์ร้อยละ 75 กับคะแนนสอบหลังการอบรม

กลุ่ม	N	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.	% of Mean	t
หลังเรียน	30	80	63.23	4.569	79.04	3.88**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (t-table.05 = 2.756)

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบหลังการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 63.23 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.04 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์กับคะแนนสอบของครูหลังการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่าคะแนนสอบของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าคะแนนความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของครู หลังการอบรมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75

อภิปรายผล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการอภิปราย ตามประเด็นต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้

1. ผู้เรียนที่ได้รับการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากกิจกรรมการอบรมด้วยโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม สามารถนำไปพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ และสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาครุศึกษาศาสตร์มีลักษณะเป็นการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (รักขพล ธนาบุญงค์, 2556) และการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทั้งด้านอารมณ์ สังคม สติปัญญา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่จำเป็นในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ด้วยตนเอง เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริงไม่ใช่แค่การเรียนรู้จากการท่องจำ (ประสาธต เนื่องเฉลิม, 2557) ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความพร้อมต่อการดำรงชีวิตและปรับตัวในศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี (Cheung, 2011) ทำให้มีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ร่วมกันถาม ร่วมกันแก้ปัญหา

(ประสาธ เนืองเฉลิม, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Han และคณะ (2014) ที่ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ซึ่งตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โรงเรียนแต่ละแห่งมีการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแบบสะเต็มศึกษา มาก่อน ส่วนครูผู้สอนในโรงเรียนก็ได้เข้าร่วมกิจกรรมการอบรมและพัฒนาสู่ครูมีอาชีพทางด้านแบบสะเต็มศึกษา มาก่อน ส่วนครูผู้สอนในโรงเรียนก็ได้เข้าร่วมกิจกรรมการอบรมและพัฒนาสู่ครูมีอาชีพทางด้านแบบสะเต็มศึกษา จากมหาวิทยาลัย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแบบสะเต็มศึกษา ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น ผลการวิจัยครั้งนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าคะแนนการรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 เนื่องจากผลของโปรแกรมพัฒนาครูแบบบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ได้ออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การออกแบบเชิงวิศวกรรม และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2. หลังการฝึกอบรมด้วยเพื่อสร้างทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โรงเรียนโครงการกองทุนการศึกษา จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่าสมรรถนะและทักษะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 วิทยาศาสตร์ ทั้ง 5 องค์ประกอบ มีผลการประเมิน (ค่าเฉลี่ยรายด้าน) เท่ากับ 2.48 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพเริ่มชำนาญ (Approaching Proficient) จนถึงค่อนข้างชำนาญ ทั้งนี้เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยได้ออกแบบมีลักษณะเป็นการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยแผนการอบรมในกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการได้กำหนดให้ครูได้ค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาช่วยในการแก้ปัญหา มีการสะท้อนความคิดจากประสบการณ์โดยตรงที่เป็นอาจารย์จากมหาวิทยาลัยและผู้ที่เกี่ยวข้องอบรมช่วยกันสรุปประเด็นสำคัญร่วมกัน จนนำไปสู่การออกแบบชิ้นงานหรือสร้างเครื่องมือขึ้นมาใช้แก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และมีการบูรณาการเทคโนโลยี และสื่อต่าง ๆ เข้ามาใช้ในการจัดกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการ เพื่อให้ผู้ที่เข้าร่วมอบรมได้เข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ทันที (รักษพล ธนาณรงค์, 2556; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556; มนตรี จุฬวัฒน์พล, 2556; อภิสสิทธิ์ ชงไชย และคณะ, 2556; Lantz, 2009; Breiner et al., 2012; O'Neil et al., 2012) ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจความเชื่อมโยงระหว่างหลักการ แนวคิด และทักษะของแต่ละวิชา (Nikitina; & Mansilla. 2003) ขยายความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ (Torp; & Sage. 2002) เชื่อมโยงการเรียนรู้สู่การคิดและการปฏิบัติ (Goodnough; & Cashion. 2006) ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (Capon and Kuhn, 2004) ส่งเสริมให้ผู้เรียนสนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ (Dusch. 1995) และพัฒนาความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ให้เกิดกับผู้เรียนได้ (Torp; & Sage 2002)

3. ในการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการจัดการเรียนรู้ และความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครู ให้เกิดขึ้นกับครูเป็นงานที่ค่อนข้างยากและท้าทาย เนื่องจากสมรรถนะและทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 แต่ละองค์ประกอบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันอย่างซับซ้อน ไม่ได้แยกกันอย่างชัดเจน ซึ่ง Baxter & Lederman (1999: 158-159) ได้ศึกษาการประเมินความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge; PCK) ของครู นักวิจัยเสนอว่าควรวัดและประเมินผลให้ครอบคลุมสิ่งที่ครูผู้สอนรู้ สิ่งที่ครูผู้สอนปฏิบัติ และเหตุผลในการปฏิบัติของครูผู้สอนด้วย นักวิจัยจึงควรวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการที่หลากหลาย (Multi-method evaluation) เนื่องจากไม่มีวิธีวัดวิธีใดวิธีหนึ่งที่สามารถวัดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนได้ครบและครอบคลุมทุกองค์ประกอบ (Baxter; & Lederman, 1999: 159) วิธีการวัดและประเมินผลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะประกอบด้วยวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลที่หลากหลายซึ่งประกอบด้วย การสังเกตการณ์เทศการสอน การสัมภาษณ์หลังการสอน การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ การ

อภิปรายเกี่ยวกับกรณีตัวอย่าง การเก็บรวบรวมชิ้นงาน การเขียนอนุทินสะท้อนแนวคิด และการตรวจประเมินผลงาน เป็นต้น

ในการวิจัยครั้งนี้ เมื่อนำกระบวนการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการทางด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยกิจกรรมการฝึกอบรมประกอบด้วย การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา การเขียนผังความคิดเหตุ-ผล การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) การจัดการเรียนการสอนสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 กระบวนการ Coaching & mentoring และแนวทางในการจัดการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยใช้นวัตกรรมด้านการจัดการเรียนรู้ที่ครูในโรงเรียนออกแบบร่วมกับนักวิจัยภายใต้การให้คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญส่งผลให้เกิดพัฒนาการด้านสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้และความรู้วิทยาศาสตร์ที่คงทนจึงทำให้ครูมีผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ หลังอบรมสูงกว่าเกณฑ์

5. ข้อเสนอแนะ

1. การอบรมด้วยโปรแกรมการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสะเต็ม เพื่อสร้างทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ควรมีการประเมินสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ที่หลากหลาย เช่น ความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านวิธีการสอน และความรู้ในเนื้อหาผนวกการสอน เป็นต้น นอกจากนี้ผลของกระบวนการฝึกปฏิบัติการสอน และการพัฒนาสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองของครูจะส่งผลให้ครูเกิดเกิดความชำนาญ คล่องแคล่ว มีความมั่นใจในการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษามากขึ้น และยังช่วยให้ครูได้มีโอกาสปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่ช่วยให้ครูได้เห็น “ผลย้อนกลับ” ของการสอนจริงจากผลการประเมินการทดลองจากผู้เชี่ยวชาญ

2. ควรนำเครื่องมือสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Factor Analysis) เพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นของคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ประเมินทักษะและสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ของครู

3. เนื่องจากความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครู มีหลายองค์ประกอบ และทุกองค์ประกอบมีความสัมพันธ์และเกี่ยวพันกัน การศึกษาเชิงลึกโดยใช้วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยเครื่องมือวิจัยที่หลากหลาย เช่น การตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ การสังเกตการเรียนการสอนในวิชาวิธีสอน การสังเกตการสอนในระหว่างการปฏิบัติการสอน และการประเมินผลจากการเข้าร่วมกิจกรรมการประชุมเชิงปฏิบัติการ การสัมภาษณ์ครูก่อนและ/หรือหลังการสอน บันทึกการสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับการเรียนการสอน การประเมินความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครู การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ชิ้นงานหรือผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้น การวิเคราะห์บันทึกหลังการสอนของครู การอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับกรณีตัวอย่างที่แสดงให้เห็นปัญหาหรือสะท้อนความสำเร็จของการสอน หรือการประเมินความรู้ในเนื้อหาและความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนของครูด้วยวิธีการอื่น ๆ ที่เหมาะสม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ และสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญาวิจัย 85 /2561

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2547. **มาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544. **รายงานการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- สุมนथा จุลชาติ และวิสาข์ จิตวิตร. 2556. การพัฒนารูปแบบการพัฒนาวิชาชีพแบบร่วมมือโดยเน้นครูเป็นสำคัญเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ของครู โรงเรียนประถมศึกษา. **วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย**. ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม)
- Baxter, J. A., & Lederman, N. G. 1999. Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. In J.Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), “**Examining pedagogical content knowledge**” (pp. 147-161). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Bell, J., Veal, W. R., & Tippins, D. J. 1998. “The evolution of pedagogical content knowledge in prospective secondary physics teachers”. **Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching**, San Diego, CA.
- Eick, C. J. 2000. “Inquiry, nature of science, and evolution: The need for a more complex pedagogical content knowledge in science teaching”. **Electric Journal of Science Education**. 4 (3). Available: <http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/eick.html>
- Halim, L., & Meerah, S. M. 2002. “Science trainee teachers’ pedagogical content knowledge and its influence on physics teaching”. **Research in Science and Technological Education**. 20 (2): 215-225.
- Kinach, B. M. 2002. “A cognitive strategy for developing pedagogical content knowledge in the secondary mathematics”. **Teaching and Teacher Education**. 18: 51-71.
- Stump, S. L. 2001. “Developing preservice teachers’ pedagogical content knowledge of slope”. **Journal of Mathematical Behavior**. 20: 207-227.
- Surachai Meehan. 2004. Rater Agreement Index (RAI). **Songklanakarin Journal of Social Sciences and Humanities**, 10 (1) Jan – Apr 2004 : 113-126.
- Tuan, H. L. 1996. “Investigating the nature and development of pre-service chemistry teachers’ content knowledge, pedagogical knowledge and pedagogical content knowledge”. **Proceeding of the National Science Council Part D: Mathematics, Science and Technology education**. 6(2): 101-112.

- Tuan, H. L. & Kaou, R. C. 1997. "Development of a grade eight Taiwanese physical science teachers' pedagogical content knowledge development". **Proceeding of the National Science Council Part D: Mathematics, Science and Technology education**. 7 (3): 135-154.
- van Driel, J. H., de Jong, O., & Verloop, N. 2002. "The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge". **Science Education**. 86: 572-590.
- van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. 1998. "Developing science teachers' pedagogical content knowledge". **Journal of Research in Science Teaching**. 35 (6): 673-695.
- Veal, W. R. 1998. "The evolution of pedagogical content knowledge in prospective secondary chemistry teachers". **Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching**, San Diego, CA.
- Veal, W. R., & MaKinster, J. G. "Pedagogical content knowledge taxonomies". **Electric Journal of Science Education**. 1999. Available: http://unr.edu/homepage/crowther/ejse_vealmak.html
- Vasquez, J.A., Sneider, C., and Comer, M. (2013). **STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics**. Portsmouth, NH: Heinemann. Retrieved April 20, 2015 from http://www.teachengineering.org/view_activity.php?url=collection/cub_/activities/cub_convshoes/cub_convshoes_lesson01_activity1.xml. Hanover Research, 2011. District Administration Practice.
- Wayne, C. (2012). **What is S.T.E.M. and why do I need to know?** Retrieved February 10, 2013, from <http://issuu.com/carleygroup/docs/stem12online/1>.