

The Development of STEM Integrated Learning Management Ability in Elementary Student's Teachers Using Authentic Learning Activities Based on the Authenticity

Puangpaka Paweenbampen^{1*} and Doungduen Wannakool¹

Received: May 23, 2024 Revised: September 10, 2024 Accepted: September 12, 2024

Abstract

Developing a strong STEM teacher workforce is essential for improving STEM education. Based on successful prior research on professional development, this study is intended to cultivate STEM pre-service teachers' ability with authentic STEM learning experience as defined in authenticity. The study aimed to 1) compare STEM integrated learning management ability of elementary student's teachers before and after using authentic learning activities based on authenticity, and 2) assess the relative gain scores of STEM integrated learning management ability of elementary student's teachers using authentic learning activities based on authenticity. The participants were 15 second-year students in an elementary education program at Suan Dusit University. The research tools consisted of 1) six authentic learning activities, 3 hours of each activity per week; 2) open-ended STEM integrated activities design test; and 3) STEM integrated classroom management questionnaire. Statistics used in the research include t-test for dependent samples and relative gain score. The research results indicate that after using authentic learning activities based on authenticity, students had a higher STEM integrated learning management ability than before using them. The average overall relative gain score of STEM integrated learning management ability was moderate.

Keyword: Authentic Learning Activity; Authenticity; Professional Development; STEM Teacher

¹ Elementary Education Program, Faculty of Education, Suan Dusit University

* Corresponding author e-mail: puangpaka_paw@dusit.ac.th

การพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษาโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง

พวงพกา ปวีณบำเพ็ญ^{1*} และ ดวงเดือน วรรณกุล¹

รับบทความ: 23 พฤษภาคม 2567 แก้ไขบทความ: 10 กันยายน 2567 รับตีพิมพ์: 12 กันยายน 2567

บทคัดย่อ

การพัฒนาครูสะเต็มที่เข้มแข็งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาสะเต็มศึกษา จากการวิจัยที่ประสบความสำเร็จก่อนหน้านี้เกี่ยวกับรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพที่มีเป้าหมายเพื่อปลูกฝังความสามารถของนักศึกษาครูสะเต็มด้วยประสบการณ์การเรียนรู้สะเต็มตามสภาพจริง การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษา ก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง และ 2) ศึกษาระดับพัฒนาการความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษาหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง ผู้มีส่วนร่วมเป็นนักศึกษาระดับปีที่ 2 สาขาวิชาการประถมศึกษา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริง 6 กิจกรรม กิจกรรมละ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ 2) แบบทดสอบการออกแบบกิจกรรมบูรณาการสะเต็มแบบปลายเปิด และ 3) แบบประเมินการจัดการชั้นเรียนบูรณาการสะเต็ม สถิติที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ สถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกันและคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ผลการวิจัยพบว่าหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง นักศึกษามีความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มสูงกว่าก่อนใช้ และพัฒนาการความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง

คำสำคัญ: กิจกรรมเรียนรู้ตามสภาพจริง; หลักการสภาพจริง; การพัฒนาทางวิชาชีพ; ครูสะเต็ม

¹ สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

* Corresponding author e-mail: puangpaka_paw@dusit.ac.th

บทนำ

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (Carter, 2020; The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2019; Sanders, 2009) มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง อีกทั้งเป็นการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่กับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาคือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้ มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบเชิงรุกของผู้เรียนช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต (IPST, 2019)

การกระตุ้นเศรษฐกิจและรักษาความสามารถทางนวัตกรรม (Innovation Capability) ของนวัตกรรมที่เป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงแนวคิดและองค์ความรู้ไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์ กระบวนการและระบบอันเป็นประโยชน์กับองค์กร ทำให้หลายประเทศจำเป็นต้องมีการพัฒนาสะเต็มศึกษาตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษา (K-12) และปลูกฝังกลุ่มผู้มีความสามารถทางสะเต็มในประเทศคำถามคือต้องทำอะไรครูจึงจะสามารถสร้างความแตกต่างในประสบการณ์การเรียนรู้และผลลัพธ์การเรียนรู้สะเต็มศึกษาของผู้เรียน การปลูกฝังผู้เรียนระดับชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาให้สนใจด้านสะเต็มศึกษาจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล มีตรรกะ และเป็นระบบ นอกจากนี้ การได้ลงมือทำด้วยตัวเองจะช่วยให้การเรียนรู้มีความสนุกสนานมากขึ้น ส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานี้มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าระบบการศึกษาแบบเดิมที่เน้นการท่องจำหรือการเรียนรู้ที่มีผู้สอนเป็นผู้ให้ความรู้เป็นหลัก (Hallinen, 2024) รวมถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนศึกษาต่อทางวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม เช่น วิศวกร นักวิทยาศาสตร์ นักสร้างสรรค์ ยังต้องการครูที่มีความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เนื่องจากธรรมชาติของวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มมักเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และครูระดับอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษายังไม่พร้อมสำหรับการสอนสะเต็มด้วยวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์สำหรับครุมีค่อนข้างน้อย และความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์ไม่ใช่วิชาที่สอนทั่วไปในห้องเรียน การเรียนรู้ของครูจึงไม่คุ้นเคยกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยี การพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มจึงควรเริ่มกับนักศึกษาครูที่จะสอนสะเต็มไม่เพียงเฉพาะความรู้ด้านเนื้อหาสะเต็ม (STEM Content Knowledge) และความรู้ด้านเนื้อหาการสอนสะเต็ม (STEM Pedagogical Content Knowledge: PCK) เท่านั้น แต่ครูควรมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับอาชีพด้านสะเต็มและการนำวิชาสะเต็มไปใช้ในการทำงาน (Rogers et al., 2016)

การศึกษาแนวโน้มการวิจัยด้านสะเต็มศึกษาในบริบทไทยพบงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับสะเต็มศึกษากับการพัฒนาวิชาชีพครูอยู่ร้อยละ 29.33 โดยเน้นที่สภาพและอุปสรรคในการสอนสะเต็มของครูในระดับโรงเรียน ทั้งนี้ประเด็นย่อยที่พบมากที่สุดเป็นเรื่องที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความรู้ความเข้าใจด้านการปฏิบัติหรือด้านความรู้สึกรักของครู แต่เป็นการสำรวจเพื่อสะท้อนให้เห็นถึงสภาพปัญหา ความต้องการจำเป็น และความพร้อมของครูเกี่ยวกับการสอนสะเต็มในแต่ละบริบท (Vasinayanuwatana,

2021) แม้ประเทศไทยจะมีนโยบายเชิงรุกมุ่งสร้างกำลังคนเพื่อพัฒนาประเทศด้วยนวัตกรรม พัฒนาทักษะขั้นสูงที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ต้นแบบสำคัญคือผู้สอนซึ่งจะเป็นผู้ถ่ายทอดแนวทักษะสำคัญนี้ แต่ที่ผ่านมาปฏิเสธไม่ได้ว่ามีเสียงตอบรับในหลายด้าน ด้านที่ติชมว่าจะเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญของการศึกษาไทย แต่อีกด้านหนึ่งที่ครูผู้สอนเองมองว่าสะเต็มศึกษาเป็นภาระที่ขัดขวางการสอนมากกว่าเป็นแนวการสอนที่จะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ หรือเป็นแค่กระแสในระยะเวลาอันสั้นเหมือนนโยบายที่ผ่านมา จึงไม่รู้สึกรู้ว่าเป็นสิ่งสำคัญและมีความตระหนักต้องการเรียนรู้และพัฒนาตนเองด้านสะเต็มศึกษา (Niumtong, 2018)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น เห็นได้ว่าการส่งเสริมให้ครูมีความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มมีความสำคัญที่จะพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสะเต็มศึกษาจำเป็นต้องคำนึงถึงธรรมชาติของการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมถึงตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลางที่กำหนดให้สอดคล้องกับความสามารถของนักเรียนแต่ละระดับชั้น จากรายงานการทวนสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 มหาวิทยาลัยสวนดุสิต พบว่าผู้เรียนบางส่วนมีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีสำหรับครูประถมศึกษา อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งความรู้ดังกล่าวใช้เป็นฐานสำหรับการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็ม และนักศึกษาบางส่วนมีผลลัพธ์การเรียนรู้ที่สะท้อนถึงความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มอยู่ในระดับปานกลางซึ่งไม่เป็นไปตามเป้าหมายการเรียนรู้ที่คาดหวังในระดับสูง จึงนำไปสู่คำถามวิจัยที่ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ลักษณะใดช่วยส่งเสริมความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษาเพื่อให้มีผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นไปตามที่รายวิชากำหนด

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงนำหลักการสภาพจริง (Authenticity) 4 มิติ ได้แก่ สภาพจริงเชิงบริบท สภาพจริงของงาน สภาพจริงเชิงผลกระทบ และสภาพจริงส่วนบุคคล/สภาพจริงเชิงคุณค่า (Strobel et al., 2013) ตามโมเดลพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มจากแนวคิดตามสภาพจริงและความยั่งยืนสำหรับเตรียมความพร้อมนักศึกษาครูที่เสนอโดย Rogers et al. (2016) เป็นหลักการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงสำหรับพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษาโดยเชื่อมโยงกับผลลัพธ์การเรียนรู้ในรายวิชา ประโยชน์จากผลการวิจัยนี้จะนำไปสู่การยืนยันประสิทธิภาพและประสิทธิผลของหลักการที่นำมาใช้ออกแบบกิจกรรมในเชิงทฤษฎีจากข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยการเปรียบเทียบความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษา ก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง และการศึกษาระดับพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษาหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อการเปรียบเทียบความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษา ก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง

2. เพื่อศึกษาระดับพัฒนาการความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการเพิ่มเติมของนักศึกษาครู ประถมศึกษาหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง

สมมติฐานการวิจัย

หลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริงนักศึกษาครูมีความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการเพิ่มเติมสูงขึ้น

การทบทวนวรรณกรรม

การเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning)

เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้สอนและผู้เรียนได้สัมผัสความจริงในสภาพจริง ควบคู่กับการเรียนรู้ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ กระตุ้นให้คิดโดยให้อิสระทางการคิด กระตุ้นการเรียนรู้จากภายในตัวของผู้เรียนให้เกิดการถกเถียง ส่งผลให้ผู้เรียนมีสมรรถนะทางวิชาชีพ มีความเข้าใจผู้อื่น และรู้สึกถึงความเป็นจริงในสังคม (Thaicharoen & Thaicharoen, 2020) มีหลายแนวคิดทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้ตามสภาพจริง อาทิ ทฤษฎีการเรียนรู้เชิงสถานการณ์ (Situational Learning Theory) ของ Lave and Wenger (1991) ที่เน้นย้ำว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นในบริบททางสังคมและวัฒนธรรมที่แท้จริง ไม่ใช่แค่การถ่ายทอดความรู้ในห้องเรียน เน้นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริง การปฏิบัติงานจริง และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ทฤษฎีการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ (Constructivist Learning Theory) ที่เชื่อว่าผู้เรียนสร้างความรู้ขึ้นมาเองจากประสบการณ์ตรง การโต้ตอบกับสิ่งแวดล้อม และการสร้างความหมายจากข้อมูลที่ได้รับ หรือทฤษฎีการเรียนรู้เชิงบริบท (Contextual Learning Theory) เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง หรือสถานการณ์ที่ผู้เรียนจะต้องเผชิญในอนาคต โดยเชื่อว่าความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ในบริบทจริงนั้นจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง และผู้เรียนจะจดจำได้นานกว่าการเรียนรู้จากทฤษฎีเพียงอย่างเดียว

แนวคิดเหล่านี้สอดคล้องและเสริมสร้างการเรียนรู้แบบสะเต็ม (STEM) อย่างมาก และให้ความสำคัญกับผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ของตนเองผ่านกิจกรรมที่หลากหลายและน่าสนใจ การเรียนรู้แบบสะเต็มมักนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าผู้เรียนสร้างความรู้ได้ดีขึ้นเมื่อสามารถเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์ของตนเอง ทั้งสองแนวคิดยังส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและแก้ปัญหา ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากกันและกัน การออกแบบการเรียนรู้ตามสภาพจริงจึงสามารถอ้างอิงหลักการแนวคิดและทฤษฎีที่กล่าวถึงข้างต้นได้อย่างดี (Paweenbampen, 2024) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการเรียนรู้ตามสภาพจริงช่วยเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21 (Stanley, 2021) อาทิ การแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ และการทำงานร่วมกัน (Di Blas, 2022; Dolapcioglu & Doğanay, 2022; Yulianti et al., 2020) และผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของผู้เรียน (Nachtigall et al., 2024)

หลักการสภาพจริง

ตามเอกสารของ Strobel et al. (2013) เสนอโมเดลของหลักการสภาพจริง สำหรับออกแบบหน่วยการเรียนรู้และสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เป็น 4 มิติ ประกอบด้วย มิติที่ 1 สภาพจริงเชิงบริบท เกิดขึ้นจากบริบทจริงและสภาพที่คล้ายคลึงกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน มิติที่ 2 สภาพจริงของงาน มุ่งเน้นไปที่สภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งผู้เรียนอาจถูกท้าทายให้ตัดสินใจในบริบททางปฏิบัติ มิติที่ 3 สภาพจริงเชิงผลกระทบ มุ่งเน้นสิ่งที่ส่งผลกระทบต่อประสบการณ์จริงที่สามารถส่งมอบและสอบถามได้ หรือผลกระทบจากประสบการณ์จริงนอกห้องเรียน และมิติที่ 4 สภาพจริงส่วนบุคคล/สภาพจริงเชิงคุณค่า เป็นสิ่งที่ทำให้ประสบการณ์เป็นจริงในระดับบุคคล รวมถึงการกระทำที่ทำให้เกิดประสบการณ์จริงในระดับบุคคลด้วย เช่น การสำรวจตนเอง หลักการสภาพจริง ทั้ง 4 มิติ มีนิยามสำคัญและคุณลักษณะดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 นิยามสำคัญและคุณลักษณะของหลักการสภาพจริงทั้ง 4 มิติ

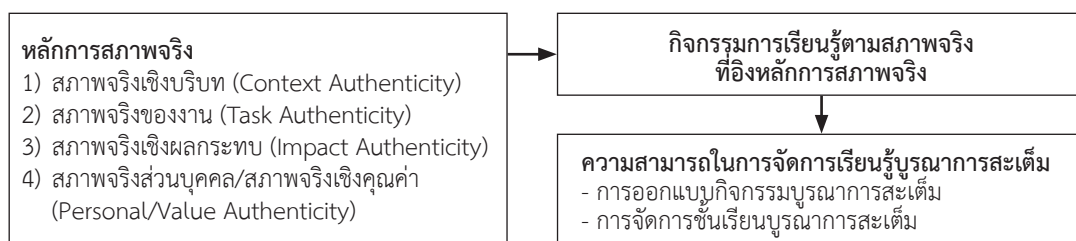
มิติของสภาพจริง	นิยามสำคัญ	คุณลักษณะ
สภาพจริงเชิงบริบท	1. คล้ายคลึงกับสภาพการทำงานในโลกแห่งความจริงหรือสถานการณ์ทางวิชาชีพในอนาคต 2. มีความท้าทายหรือมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตประจำวัน 3. นำประสบการณ์ในโลกแห่งความจริงมาสู่ห้องเรียน 4. เป็นสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกับสภาพธรรมชาติ 5. ให้ผู้เรียนควบคุมความก้าวหน้า ได้รับประสบการณ์ตรงหรือประยุกต์เนื้อหาการเรียนรู้ไปสู่แห่งความจริง 6. รวมประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ความสนใจของผู้เรียน และเป้าหมายทางวิชาชีพไว้ด้วยกัน 7. เชื่อมโยงสอดคล้องกับผลลัพธ์ทางวิชาชีพและโรงเรียน	1. สภาพแวดล้อมของงานที่เรียบร้อยสมบูรณ์ 2. มีกระบวนการระงับความไม่เชื่อ 3. เปิดกว้างในการก่อร่างปัญหา การแก้ไข ปัญหา และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น 4. เป็นบริบทการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและบริบทสหวิทยาการ 5. มีสถานการณ์ของการทำงานร่วมกันการเข้าถึงเครื่องมือและทรัพยากร การใช้ดุลยพินิจ การแสดงความเป็นเจ้าของหรือการใช้เวลาอย่างยืดหยุ่น
สภาพจริงของงาน	1. มีความเชื่อมโยงกับโลกแห่งความจริง และสัมพันธ์กับการเรียนรู้ 2. สะท้อนและพัฒนาความต้องการจำเป็นของผู้เรียนด้านทักษะวิชาชีพครูหลังสำเร็จการศึกษา 3. ท้าทายผู้เรียนในการตัดสินใจในบริบทเชิงปฏิบัติ	1. มีปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ และไม่มีข้อกำหนดเบื้องต้น 2. ให้ผู้เรียนตั้งปัญหาในประเด็นที่เกิดขึ้น 3. เป็นกิจกรรมที่สร้างสรรค์แบบปลายเปิด 4. ส่งเสริมการสืบสอบในศาสตร์ของสาขาวิชา 5. ให้ผู้เรียนตีความหมายข้อมูลที่ไม่ชัดเจน
สภาพจริงเชิงผลกระทบ	1. การให้เหตุผลของการกระทำในการปฏิบัติทางวัฒนธรรม 2. เหตุการณ์หรือประเด็นปัญหาในสังคม 3. การมีส่วนร่วมในฐานะพลเมืองที่มีประสิทธิภาพในสังคมที่ใช้เทคโนโลยี 4. ผลกระทบของโครงการไม่ได้เฉพาะในห้องเรียนเท่านั้น	1. มาตรฐานของชุมชนทางวิชาชีพในพื้นที่เกี่ยวข้อง 2. มีนัยสำคัญทางวัฒนธรรม 3. ชนกลุ่มน้อยมีประสบการณ์ในบทบาทของวิศวกรหรือนักวิทยาศาสตร์
สภาพจริงส่วนบุคคล/สภาพจริงเชิงคุณค่า	1. ผลต่อความรู้ที่มีคุณค่าต่อชีวิตผู้เรียนและการศึกษา 2. สัมผัสชีวิตประจำวัน ความสนใจ และความเชื่อของผู้เรียน 3. รวมเป้าหมายทางวิชาชีพไว้ในประสบการณ์ 4. สร้างแนวทางการปฏิบัติทางสังคม วัฒนธรรมส่วนบุคคล ผสมผสานความสนใจส่วนบุคคลและคุณค่าทางวัฒนธรรม 5. สร้างสังคมเพื่อการเรียนรู้และการสื่อสาร 6. ขึ้นการสำรวจตนเอง 7. พัฒนาความรู้ถึงตัวตนและความรู้สึกมั่นใจของผู้เรียน	1. ตั้งปัญหาเกี่ยวกับเรื่องราว 2. ได้รับความสัมพันธ์ระหว่างการปฏิบัติและคุณค่าของการปฏิบัติเหล่านั้น 3. ติดตามผู้เรียนส่วนบุคคลในสิ่งที่เกี่ยวข้องกับเป้าหมาย ความสนใจ และมีทางเลือกส่วนตัวสำหรับผู้เรียน 4. ฝึกใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง 5. พัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองที่เป็นประโยชน์ตลอดชีวิต

ที่มา: ปรับปรุงจาก Strobel et al. (2013)

หลักการสภาพจริงดังกล่าวข้างต้น เป็นฐานของการพัฒนาเป็นรูปแบบพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม สำหรับเตรียมความพร้อมนักศึกษาครูโดย Rogers et al. (2016) ซึ่งรูปแบบนี้เสริมสร้างความรู้เนื้อหา ของสะเต็ม และความรู้เนื้อหาการสอนสะเต็ม การรับข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM และการนำเสนอไปประยุกต์กับโลกแห่งความจริง กิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้รูปแบบที่กล่าวข้างต้น ประกอบด้วย 1) การได้รับข้อมูลเชิงลึกโดยการมีปฏิสัมพันธ์กับอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM วิทยาการ รับเชิญหรือแบบอย่างทางวิชาชีพสะเต็มหรือที่ปรึกษาด้านอาชีพ 2) การสัมผัสประสบการณ์การนำ สะเต็มไปใช้ในโลกแห่งความเป็นจริงโดยการสำรวจสิ่งอำนวยความสะดวกและสถานที่ทำงานทางสะเต็ม และมีการโต้ตอบหรือปฏิสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญทางการสอนสะเต็มในการทัศนศึกษา 3) การสร้างความรู้ และทักษะสะเต็มโดยการโต้ตอบกับที่ปรึกษาทางสะเต็มหรืออาจารย์ผู้สอนสะเต็มในโปรแกรมการให้ คำปรึกษาแบบเข้มข้น และ 4) การรับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับการเรียนรู้สะเต็มและการสอนสะเต็ม โดยการโต้ตอบหรือปฏิสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญทางสะเต็มและนักเรียนระดับชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษา ในกิจกรรมการแข่งขันสะเต็ม ซึ่งสอดคล้องกับการเข้าสู่สะเต็มศึกษาของผู้เรียนจากมุมมอง Strobel et al. (2013) ควรประกอบด้วย 1) ช่วยผู้เรียนพัฒนาความเข้าใจในอาชีพสะเต็มในโลกแห่งความจริง 2) ให้ผู้เรียนสัมผัสประสบการณ์การประยุกต์ใช้สะเต็มในโลกแห่งความจริงเพื่อได้รับความเข้าใจส่วนตัว เกี่ยวกับผลกระทบของสะเต็ม 3) ต่อยอดพัฒนาความรู้และทักษะสะเต็มของผู้เรียน และ 4) ให้ประสบการณ์ ตรงกับปัญหาสะเต็มในโลกแห่งความจริง เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการศึกษาสะเต็มในระดับ มหาวิทยาลัยและเฝ้าหาสะเต็มเป็นอาชีพ

กรอบแนวคิด

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม แนวคิดพื้นฐานของการเรียนรู้ ตามสภาพจริง แนวคิดพื้นฐานการเรียนรู้แบบบูรณาการและสะเต็มศึกษา และบริบทของรายวิชาการ เรียนรู้แบบบูรณาการและสะเต็มศึกษา หลักการสภาพจริงสำหรับออกแบบหน่วยการเรียนรู้และสภาพ แวดล้อมการเรียนรู้ของ Strobel et al. (2013) และโมเดลพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มจากแนวคิดตาม สภาพจริงและความยั่งยืนสำหรับเตรียมความพร้อมนักศึกษาครูของ Rogers et al. (2016) ได้เป็นกรอบ แนวคิดในการวิจัยดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้ ศึกษาภายใต้ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในรายวิชาการเรียนรู้แบบบูรณาการและสะเต็ม ศึกษา ของหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 รูปแบบที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย เป็นการวิจัยแบบหนึ่งกลุ่มวัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One-group Pretest-posttest Design) ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผู้มีส่วนร่วม

ประชากรเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการเรียนรู้แบบบูรณาการและสะเต็มศึกษา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 4 ตอนเรียน จำนวนนักศึกษาทั้งหมด 106 คน ซึ่งมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาสาระวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของระดับประถมศึกษามาก่อน

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยถูกเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) มีหน่วยการสุ่มเป็นตอนเรียน ด้วยวิธีการจับสลาก 1 ตอนเรียน ได้นักศึกษาจำนวน 15 คน และผ่านเกณฑ์การเข้าร่วมกิจกรรมในรายวิชาไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

เครื่องมือในการวิจัย

ประกอบด้วย 1) กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง 2) แบบทดสอบการออกแบบกิจกรรมบูรณาการสะเต็ม และ 3) แบบประเมินการจัดการชั้นเรียนบูรณาการสะเต็ม มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง ผู้วิจัยออกแบบเชื่อมโยงกับผลลัพธ์การเรียนรู้รายวิชา (Course Learning Outcomes: CLOs) ซึ่งเป็นบริบทเฉพาะของรายวิชาการเรียนรู้แบบบูรณาการและสะเต็มศึกษาของหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา เริ่มจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น รายละเอียดของรายวิชา หลักการเรียนรู้ตามสภาพจริง สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ตามสภาพจริง การพัฒนาความสามารถในการสอนบูรณาการสะเต็ม เพื่อนำมากำหนดเป็นโครงสร้างของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสภาพจริง (ตารางที่ 2) คณะผู้วิจัยและผู้สอนร่วม จำนวน 3 คน ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่อิงหลักการสภาพจริงให้สอดคล้องกับโครงสร้างของกิจกรรมการเรียนรู้ และกำหนดเป็นแผนการจัดการจัดกิจกรรมและการประเมินผลกิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง ทั้งหมด 6 กิจกรรม กิจกรรมละ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์

ตารางที่ 2 โครงสร้างของกิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง

ผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา	วิธีการจัดการเรียนรู้	แนวคิดตามสภาพจริง
CLO 1 อธิบายความหมายของการสอนแบบบูรณาการและการสอนสะเต็มศึกษาได้	สังเกตกิจกรรมบูรณาการสะเต็มในห้องเรียนระดับประถมศึกษา	สภาพจริงเชิงบริบท
CLO 2 วิเคราะห์กระบวนการสอนแบบบูรณาการและสะเต็มศึกษา และสามารถออกแบบการสอนแบบบูรณาการและเต็มศึกษาได้	- เรียนรู้กิจกรรมบูรณาการสะเต็มในห้องเรียนระดับประถมศึกษาจากกิจกรรมตัวอย่าง - ออกแบบกิจกรรมและนำไปใช้เป็นรายบุคคล	- สภาพจริงเชิงบริบท - สภาพจริงส่วนบุคคล/สภาพจริงเชิงคุณค่า
CLO 3 แก้ปัญหาการออกแบบการสอนสะเต็มศึกษาในบริบทของโรงเรียนได้	- เรียนรู้ผ่านกิจกรรมบูรณาการสะเต็มของนักเรียนระดับประถมศึกษา - วิพากษ์การออกแบบกิจกรรม	- สภาพจริงเชิงบริบท - สภาพจริงส่วนบุคคล/สภาพจริงเชิงคุณค่า
CLO 4 ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการสอนแบบบูรณาการและสะเต็มศึกษาได้	นำกิจกรรมบูรณาการสะเต็มไปใช้จริงเป็นกลุ่ม	สภาพจริงของงาน
CLO 5 ออกแบบและเขียนแผนการสอนแบบบูรณาการและการสอนสะเต็มศึกษาและปฏิบัติการสอนสะเต็มศึกษาที่ดีได้	- ออกแบบกิจกรรมและนำไปใช้เป็นรายบุคคล - นำกิจกรรมบูรณาการสะเต็มที่ออกแบบไปใช้จริงในโรงเรียน	- สภาพจริงส่วนบุคคล/สภาพจริงเชิงคุณค่า - สภาพจริงเชิงผลกระทบ

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา	วิธีการเรียนรู้	แนวคิดตามสภาพจริง
CLO 6 มีเจตคติที่ดีต่อการสอนแบบบูรณาการและเสริมศึกษาและมีเจตคติที่ดีต่อการเป็นครู	นำกิจกรรมบูรณาการเสริมที่ออกแบบไปใช้จริงในโรงเรียน	สภาพจริงเชิงผลกระทบ

2. แบบทดสอบการออกแบบกิจกรรมบูรณาการเสริมศึกษา ผู้วิจัยนำวัตถุประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการเสริมด้านการออกแบบกิจกรรมบูรณาการเสริม มากำหนดเป็นผังข้อสอบ กำหนดลักษณะของข้อสอบเป็นแบบเติมคำไม่จำกัดคำตอบ จำนวน 3 ข้อ และวิพากษ์ข้อคำถามในแบบทดสอบร่วมกับอาจารย์ผู้สอนร่วมกันก่อนนำไปเก็บข้อมูล

3. แบบประเมินการจัดการชั้นเรียนบูรณาการเสริม ใช้สำหรับประเมินความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการเสริม ด้านการจัดการชั้นเรียนบูรณาการเสริม เป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ ออกแบบข้อคำถามตามหลักการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ให้นักศึกษากลุ่มเป้าหมายประเมินระดับการจัดการชั้นเรียนบูรณาการเสริมตามการรับรู้ของตนเองตรวจสอบคุณภาพของมาตราประมาณค่าด้านความตรงเชิงเนื้อหา ด้วยวิธีการหาดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) (Almanasreh et al., 2019; Polit & Beck, 2006) โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 คน ครูผู้สอนที่มีประสบการณ์สอนบูรณาการเสริมระดับประถมศึกษา จำนวน 2 คน ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบวัดมีค่าเฉลี่ยความตรงเชิงเนื้อหา รายข้อคำถาม (I-CVI) เท่ากับ .97 มีค่าเฉลี่ยความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิเท่ากับ .97 และมีดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัด (S-CVI/UA) เท่ากับ .90

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาระดับพัฒนาการความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการเสริมของนักศึกษาครูระดับประถมศึกษาจากเครื่องมือวิจัยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง จำนวน 6 กิจกรรม ไปใช้ด้วยตนเองในฐานะผู้สอน สัปดาห์ละ 1 กิจกรรม กิจกรรมละ 3 ชั่วโมง ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2567

วัดระดับความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการเสริมของนักศึกษาครูประถมศึกษากลุ่มเป้าหมาย ด้วยแบบทดสอบการออกแบบกิจกรรมบูรณาการเสริมและแบบประเมินการจัดการชั้นเรียนบูรณาการเสริมในคาบแรก ก่อนเก็บรวบรวมข้อมูลได้อธิบายกระบวนการวิจัยตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยผู้วิจัยควบคุมการเก็บข้อมูลด้วยตนเองและให้กลุ่มเป้าหมายลงมือทำพร้อมกันขณะอยู่ในชั้นเรียน

หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง จึงวัดระดับความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการเสริมของนักศึกษาในคาบสุดท้าย โดยสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการเสริมหลังเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสภาพจริงที่พัฒนาขึ้น และวิเคราะห์ผลงานของนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับระดับความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษา ด้วยสถิติบรรยาย (Descriptive Statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษา ก่อนและหลังเรียนใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (T-test for Dependent Samples)

2. ศึกษาระดับพัฒนาการความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษาภายหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) ที่เสนอโดย Kanjanawasee (2009) ดังนี้

$$\text{คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์} = \frac{\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อนเรียน}} \times 100$$

จากนั้นแปลความหมายคะแนนตามเกณฑ์ระดับพัฒนาการ แบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ คะแนน 76-100 พัฒนาการระดับสูงมาก คะแนน 51-75 พัฒนาการระดับสูง คะแนน 26-50 พัฒนาการระดับปานกลาง และคะแนน 0-25 พัฒนาการระดับต้น

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

โครงการวิจัยนี้ ได้รับเอกสารยืนยันการยกเว้นการรับรอง โดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิทยาศาสตร์ มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เลขที่รับรอง SDU-RAI-SHS-20223-005

ผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษา ก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง

จากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นพบว่าผลต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง มีการแจกแจงไม่ต่างจากโค้งปกติ ($W=0.93$, $p=.318$) จึงทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติโดยใช้ pair samples t-test พบว่าคะแนนความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง (Posttest) ($\bar{X}=98.20$, S.D.=10.47) สูงกว่าก่อนใช้ (Pretest) ($\bar{X}=80.20$, S.D.=8.00) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(14)=12.21$, $p<.001$) โดยมีขนาดอิทธิพล (Effect Size) Cohen's d เท่ากับ 3.15 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง (n=15)

กลุ่ม	$\bar{X}$	S.D.	SE	t	df	p	Cohen's d
ก่อนใช้กิจกรรม	80.20	8.00	2.07	12.21	14	< .001	3.15
หลังใช้กิจกรรม	98.40	10.47	2.70				

หมายเหตุ $H_1: \mu_{\text{post}} > \mu_{\text{pre}}; \alpha=.05; W=0.93, p=.318$

การเปรียบเทียบความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็ม ด้านการออกแบบกิจกรรมบูรณาการสะเต็ม จากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นพบว่าผลต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็ม ด้านการออกแบบกิจกรรมบูรณาการสะเต็มก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง มีการแจกแจงไม่ต่างจากโค้งปกติ ($W=0.92, p=.163$) จึงทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติโดยใช้ pair samples t-test พบว่าคะแนนความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็ม ด้านการออกแบบกิจกรรมบูรณาการสะเต็ม หลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง ($\bar{X}=18.20, S.D.=1.97$) สูงวกาก่อนใช้ ($\bar{X}=12.00, S.D.=2.24$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(14)=9.56, p<.001$) โดยมีขนาดอิทธิพล Cohen's d เท่ากับ 2.47 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มด้านการออกแบบกิจกรรมบูรณาการสะเต็ม ก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง (n=15)

กลุ่ม	$\bar{X}$	S.D.	SE	t	df	p	Cohen's d
ก่อนใช้กิจกรรม	12.00	2.24	0.58	9.56	14	< .001	2.47
หลังใช้กิจกรรม	18.20	1.97	0.51				

หมายเหตุ $H_1: \mu_{\text{post}} > \mu_{\text{pre}}; \alpha=.05; W=0.92, p=.163$

การเปรียบเทียบความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มด้านการจัดการชั้นเรียนบูรณาการสะเต็ม จากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นพบว่า ผลต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็ม ด้านการจัดการชั้นเรียนบูรณาการสะเต็มก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง มีการแจกแจงไม่ต่างจากโค้งปกติ ($W=0.92, p=.206$) จึงทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติโดยใช้ pair samples t-test พบว่า คะแนนความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มด้านการจัดการชั้นเรียนบูรณาการสะเต็ม หลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง ($\bar{X}=80.20, S.D.=9.10$) สูงวกาก่อนใช้ ($\bar{X}=68.20, S.D.=7.54$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(14)=9.78, p<.001$) โดยมีขนาดอิทธิพล Cohen's d เท่ากับ 2.53 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มด้านการจัดการชั้นเรียนบูรณาการสะเต็ม ก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง (n=15)

กลุ่ม	$\bar{X}$	S.D.	SE	t	df	p	Cohen's d
ก่อนใช้กิจกรรม	68.20	7.54	1.95	9.78	14	< .001	2.53
หลังใช้กิจกรรม	80.20	9.10	2.35				

หมายเหตุ $H_1: \mu_{\text{post}} > \mu_{\text{pre}}; \alpha=.05; W=0.92, p=.206$

2. การศึกษาระดับพัฒนาการความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษาหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง

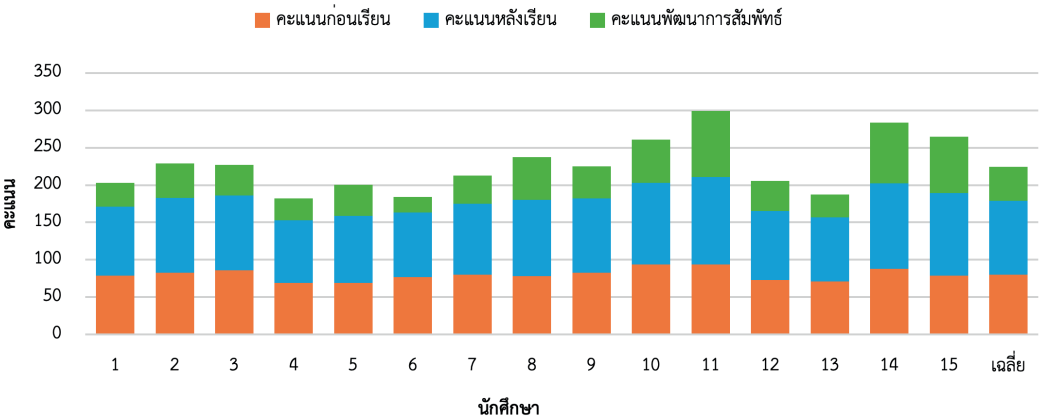
ผลการประเมินคะแนนพัฒนาการความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครูประถมศึกษา จำนวน 15 คน พบว่า นักศึกษามีค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เท่ากับ 45.73 มีพัฒนาการโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (ตารางที่ 6) เมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคลพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีพัฒนาการความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 60 รองลงมา มีพัฒนาการความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มอยู่ในระดับสูง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 20 และมีพัฒนาการความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มอยู่ในระดับสูงมาก จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 13.0 ตามลำดับ (ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3)

ตารางที่ 6 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มของนักศึกษาครู

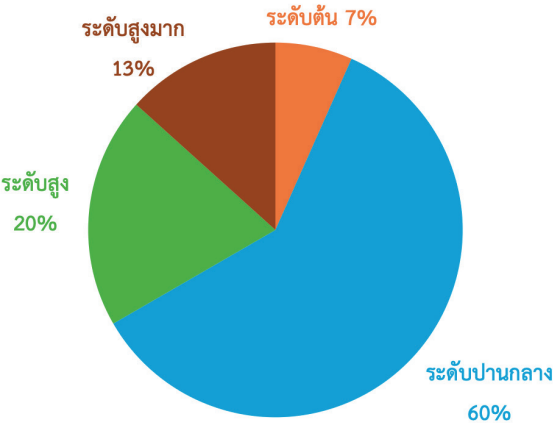
ลำดับที่	ด้านการออกแบบกิจกรรมบูรณาการสะเต็ม		ด้านการจัดการชั้นเรียนบูรณาการสะเต็ม		ความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็ม		คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน		
1	11	17	68	75	79	92	31.71	ปานกลาง
2	9	20	74	80	83	100	45.95	ปานกลาง
3	15	20	71	80	86	100	41.18	ปานกลาง
4	9	17	60	67	69	84	29.41	ปานกลาง
5	14	19	55	71	69	90	41.18	ปานกลาง
6	12	15	65	71	77	86	20.93	ต้น
7	10	16	70	79	80	95	37.50	ปานกลาง
8	12	19	66	83	78	102	57.14	สูง
9	15	20	68	79	83	99	43.24	ปานกลาง
10	14	19	80	90	94	109	57.69	สูง
11	14	20	80	97	94	117	88.46	สูงมาก
12	10	15	63	77	73	92	40.43	ปานกลาง

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ลำดับที่	ด้านการออกแบบกิจกรรม บูรณาการสะเต็ม		ด้านการจัดการชั้นเรียน บูรณาการสะเต็ม		ความสามารถในการ จัดการเรียนรู้บูรณาการ สะเต็ม		คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์	ระดับ พัฒนาการ
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน		
13	14	16	57	70	71	86	30.61	ปานกลาง
14	12	20	76	94	88	114	81.25	สูงมาก
15	9	20	70	90	79	110	75.61	สูง
เฉลี่ย	12.00	18.20	68.20	80.20	80.20	98.40	45.73	ปานกลาง



ภาพที่ 2 คะแนนก่อนเรียน คะแนนหลังเรียน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็ม



ภาพที่ 3 ร้อยละของนักศึกษาครูประถมศึกษำแนกตามระดับพัฒนาการ

สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่านักศึกษาครูประถมศึกษามีคะแนนความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มในภาพรวม ด้านการออกแบบกิจกรรมบูรณาการสะเต็ม และด้านการจัดการชั้นเรียนบูรณาการสะเต็ม หลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริงสูงกว่าก่อนใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริง ค่าเฉลี่ยพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง และนักศึกษาส่วนใหญ่มีพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มอยู่ในระดับปานกลางด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ว่าหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริงนักศึกษาครูมีความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มสูงขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงผลสัมฤทธิ์ตามสภาพจริง (Authentic Achievement) ของผู้เรียนที่เป็นผู้สร้างความหมายและสร้างความรู้ ใช้การสืบสอบเพื่อสร้างความหมาย และมุ่งมั่นของตนไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์และผลการเรียนรู้ที่มีคุณค่า มีความหมายเหนือความสำเร็จ (Newmann & Wehlage, 1993)

การเรียนรู้ตามสภาพจริงเป็นประสบการณ์ที่ผู้เรียนต้องเผชิญกับความท้าทายในการแก้ปัญหา โดยสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ในบริบทของโลกแห่งความจริง (Herrington et al., 2014) ซึ่งการเรียนรู้ตามสภาพจริงมีลักษณะเด่นหลายประการ อาทิ การกำหนดตามคุณลักษณะของการเรียนรู้ที่นำเสนอโดย Rule (2006) เน้นปัญหาจากโลกแห่งความจริงที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำงานกับผู้เชี่ยวชาญ กิจกรรมแบบสืบสอบที่ฝึกทักษะการคิดและอภิปราย (Metacognition) วาทกรรมในชุมชนของผู้เรียน และการเสริมพลังผู้เรียนผ่านทางเลือกหรือการกำหนดตามมิติของสภาพจริงที่นำเสนอโดย Strobel et al. (2013) ประกอบด้วย 4 มิติ คือ สภาพจริงเชิงบริบท สภาพจริงของงาน สภาพจริงเชิงผลกระทบ และสภาพจริงส่วนบุคคล/สภาพจริงเชิงคุณค่า ซึ่งจำกัดความของทั้งสองแนวคิดนี้ให้คำอธิบายกว้าง ๆ ว่า อะไรทำให้เกิดการเรียนรู้ตามสภาพจริง อย่างไรก็ตามจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยของการเรียนรู้ตามสภาพจริง Herrington ได้นำเสนอองค์ประกอบของการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่เกี่ยวข้องและพึ่งพากัน (Herrington & Oliver, 2000; Herrington et al., 2014)

กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริงที่คณะผู้วิจัยออกแบบในการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มจากแนวคิดตามสภาพจริงและความยั่งยืน สำหรับเตรียมความพร้อมนักศึกษาครูเพื่อเสริมสร้างความรู้ด้านเนื้อหาของสะเต็มและความรู้ด้านเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มที่เสนอโดย Rogers et al. (2016) ตามหลักการสำคัญ 4 หลักการ คือ หลักการที่ 1 การได้รับข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับอาชีพสะเต็ม โดยเรียนรู้ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมแบบมีปฏิสัมพันธ์ ประสบการณ์ส่วนบุคคลที่ได้ลงมือปฏิบัติ หลักการที่ 2 ประสบการณ์ประยุกต์ใช้สะเต็มในโลกแห่งความจริงผ่านกิจกรรมเรียนรู้ที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็ม การเข้าร่วมกิจกรรมหรือนิทรรศการทางอาชีพสะเต็ม เพื่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์กับวิทยากรด้านสะเต็มศึกษาหรือต้นแบบทางวิชาชีพสะเต็ม การเรียนรู้ผ่านหลักสูตรการฝึกอย่างเข้มข้นเพื่อให้เกิดการปฏิสัมพันธ์กับผู้ให้คำปรึกษาด้านสะเต็ม กิจกรรมการแข่งขันด้านสะเต็ม หลักการที่ 3 การสร้างความรู้และทักษะด้านสะเต็มศึกษา ผ่านกิจกรรมการฝึกปฏิบัติสะท้อนคิดเพื่อส่งเสริมการเชื่อมโยงประสบการณ์พัฒนาทางวิชาชีพครูสะเต็ม และโครงการพัฒนาเครือข่าย ที่ให้โอกาสนักศึกษาวิชาชีพครูสะเต็มได้ทำงานหรือฝึกปฏิบัติกับนักเรียนโดยตรง หลักการที่ 4 การได้รับประสบการณ์เรียนรู้และประสบการณ์สอนสะเต็มแบบลงมือปฏิบัติจริง

จากองค์ความรู้และทักษะที่มีประสิทธิภาพของการเรียนการสอนสะเต็ม เป็นการส่งผ่านความรู้และทักษะสะเต็มไปสู่การเรียนการสอนสะเต็มสำหรับนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยที่ค้นพบในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเพียงแนวทางหนึ่งที่น่าไปสู่การพัฒนาทางวิชาชีพครูสะเต็มซึ่งอาจมีผลกระทบไปสู่การพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษา ส่งเสริมแรงจูงใจและความน่าสนใจของสะเต็มศึกษา รวมถึงการเพิ่มความสำเร็จในการประกอบอาชีพเกี่ยวกับสะเต็ม และเปิดโอกาสให้นักการศึกษา STEM ได้เรียนรู้วิธีบูรณาการการสอนใหม่ ๆ (Rogers et al., 2016) ทั้งนี้ ในทางปฏิบัติ นักการศึกษาหรืออาจารย์มหาวิทยาลัยอาจนำไปประยุกต์ใช้สอนร่วม (Co-Teaching) กับนักศึกษาครูด้วยการวางแผนร่วมกัน ออกแบบการสอนร่วมกัน หรือการสะท้อนผลร่วมกัน การศึกษาของ Dubek and Doyle-Jones (2021) เป็นตัวอย่างหนึ่งที่แสดงถึงประโยชน์ของกิจกรรมที่ออกแบบตามหลักการสภาพจริงที่มีศักยภาพมากในการเตรียมความพร้อมทางวิชาชีพสำหรับครูสะเต็ม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลการวิจัยครั้งนี้เป็นผลจากการศึกษากับนักศึกษาครูประถมศึกษาขนาดเล็กในบริบทที่นักศึกษาทุกคนมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคณิตศาสตร์สำหรับครูประถมศึกษา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับครูประถมศึกษามาแล้ว โดยเข้าร่วมกิจกรรมที่ผู้วิจัยออกแบบไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 และเป็นนักศึกษาหญิง ร้อยละ 93.3 ผลการวิจัยครั้งนี้จึงอาจมีความโน้มเอียงในประเด็นของเพศและไม่สามารถนำไปอ้างอิงสู่ประชากรกลุ่มอื่นได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลเชิงประจักษ์สนับสนุนผลการวิจัยว่าสามารถนำไปอ้างอิงได้

2. กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริงที่พัฒนาขึ้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ แต่ละกิจกรรมถูกนำไปใช้ในลักษณะของกิจกรรมกลุ่ม 4-5 คน เพื่อให้นักศึกษาเกิดการสร้างความรู้และทักษะด้านสะเต็มศึกษาผ่านกิจกรรมการฝึกปฏิบัติสะท้อนคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยความสร้างสรรค์ การประยุกต์ใช้กิจกรรมที่พัฒนาขึ้นกับนักศึกษาเป็นรายบุคคลจึงอาจให้ผลการวิจัยที่แตกต่างไป

3. กิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่อิงหลักการสภาพจริงที่พัฒนาขึ้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่สอดคล้องกับนักศึกษาครูระดับประถมศึกษา โดยผู้วิจัยเชื่อว่าเป็นส่วนสำคัญที่ส่งเสริมให้ผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐาน ไม่ว่าจะเป็นตัวอย่างกิจกรรมในชั้นเรียนประถมศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มระดับประถมศึกษา และสภาพห้องเรียนจริงสำหรับฝึกปฏิบัติการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็ม การประยุกต์ใช้กิจกรรมครั้งนี้ จึงควรคำนึงถึงการออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่สอดคล้องกับระดับความเป็นครูวิชาชีพของนักศึกษาอย่างพิถีพิถัน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากบริบทของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้กับประชากรที่เป็นนักศึกษาหญิง ร้อยละ 93.3 และไม่มีข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนผลการวิจัยว่าสามารถนำไปอ้างอิงได้ การทำวิจัยครั้งต่อไปนักวิจัยอาจออกแบบการวิจัยเพื่อหาหลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับขยายผลไปยังประชากรลักษณะอื่นในวงกว้าง เช่น การศึกษาเปรียบเทียบผลระหว่างเพศ การศึกษากับนักศึกษาครูระดับวิชาชีพอื่น ไม่ว่าจะเป็นระดับปฐมวัย หรือระดับมัธยมศึกษา

2. นักวิจัยอาจออกแบบการวิจัยในรูปแบบอื่นเพื่อพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครูอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เช่น การวางแผนการวิจัยเชิงทดลองแท้จริง (True Experience Research) ที่มีกลุ่มควบคุมและมีการสุ่มสิ่งทดลอง (Randomization) การวิจัยการออกแบบ (Design Research) เพื่อพิสูจน์หลักการออกแบบที่ผู้วิจัยนำมาใช้ หรือการวิจัยประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience Research) เพื่อศึกษาประสบการณ์ของผู้ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักการสภาพจริงให้ครอบคลุมทุกมิติ ไม่ว่าจะเป็นเป็นกลุ่มประสบการณ์ทั่วไป เช่น ความชอบ อารมณ์ ความสนุกสนาน หรือกลุ่มประสบการณ์เฉพาะ เช่น ความตั้งใจ ความเพลิดเพลิน ความผูกพัน แรงจูงใจ ความคับข้องใจ

3. เครื่องมือวิจัยสำหรับประเมินความสามารถในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มด้านการจัดการชั้นเรียนบูรณาการสะเต็ม เป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ที่นักศึกษาประเมินตามการรับรู้ของตนเอง ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากงานวิจัยอาจมีจุดอ่อนในประเด็นของการตอบตามความคาดหวังของสังคม (Social Desirability) เป็นผลให้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมอาจมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าความสามารถที่แท้จริง การศึกษาในครั้งต่อไปนักวิจัยอาจพัฒนาเครื่องมือวิจัยที่มีการควบคุมหรือลดการตอบตามความคาดหวังของสังคม เพื่อให้ข้อมูลวิจัยมีความคลาดเคลื่อนน้อยสุดและเกิดความตรงมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ประจำปีงบประมาณ 2566 ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เลขที่สัญญา 664003 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Almanasreh, E., Moles, R., & Chen, T. F. (2019). Evaluation of methods used for estimating content validity. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 15(2), 214-221. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2018.03.066>
- Carter, K. C. (2020). STEM education in the elementary school classroom (IRB Number: #10846). [Master's thesis, Dominican University of California]. Dominican Scholar. <https://doi.org/10.33015/dominican.edu/2020.EDU.11>
- Di Blas, N. (2022). Authentic learning, creativity and collaborative digital storytelling. *Educational Technology & Society*, 25(2), 80-104. <https://www.jstor.org/stable/48660126>
- Dolapcioglu, S., & Doğanay, A. (2022). Development of critical thinking in mathematics classes via authentic learning: An action research. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(6), 1363-1386. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1819573>
- Dubek, M., & Doyle-Jones, C. (2021). Faculty co-teaching with their teacher candidates in the field: Co-planning, co-instructing, and co-reflecting for stem education teacher preparation. *The Teacher Educator*, 56(4), 445-465. <https://doi.org/10.1080/08878730.2021.1930310>
- Hallinen, J. (2024, June 28). STEM. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/topic/STEM-education>
- Herrington, J., & Oliver, R. (2000). An instructional design framework for authentic learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 48, 23-48. <https://doi.org/10.1007/BF02319856>
- Herrington, J., Reeves, T. C., & Oliver, R. (2014). Authentic learning environments. In J. Spector, M. Merrill, J. Elen, & M. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_32

- Kanjanawasee, S. (2009). Classical test theory. Chulalongkorn University Printing House. [in Thai]
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). Situated learning: Legitimate peripheral participation. Cambridge University Press.
- Nachtigall, V., Shaffer, D. W., & Rummel, N. (2024). The authenticity dilemma: towards a theory on the conditions and effects of authentic learning. *European Journal of Psychology of Education*, 39, 3483-3509. <https://doi.org/10.1007/s10212-024-00892-9>
- Newmann, F. M., & Wehlage, G. G. (1993). Five standards of authentic instruction. *Educational leadership*, 50(7), 8-12. <https://www.researchgate.net/publication/241535960>
- Niumtong, N. (2018, October 29). Looking at technology for education in the digital age. The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). <https://www.scimath.org/article-technology/item/8477-2018-07-18-04-11-25> [in Thai]
- Paweenbampen, P. (2024). The development of STEM integrated learning management ability of elementary student teacher using authentic learning activities (Research Report). Suan Dusit University. [in Thai]
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: are you sure you know what's being reported? critique and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 29(5), 489-497. <https://doi.org/10.1002/nur.20147>
- Rogers, R. R., Winship, J., & Sun, Y. (2016). Systematic support for STEM pre-service teachers: An authentic and sustainable four-pillar professional development model. In I. Management Association (Ed.), *Teacher Education: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (541-558). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0164-0.ch027>
- Rule, A. C. (2006). The components of authentic learning. *Journal of Authentic Learning*, 3(1), 1-10. <http://hdl.handle.net/1951/35263>
- Sanders, M. E. (2009) STEM, STEM education, STEM mania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26. <http://hdl.handle.net/10919/51616>
- Stanley, T. (2021). *Authentic learning: real-world experiences that build 21st-century skills*. Routledge.
- Strobel, J., Wang, J., Weber, N. R., & Dyehouse, M. (2013). The role of authenticity in design-based learning environments: The case of engineering education. *Computer & Education*, 64, 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.026>
- Thaicharoen, C., & Thaicharoen, N. (2020). Authentic Learning: Experiences from teaching nursing students. *Regional Health Promotion Center 9 Journal*, 14(34), 259-270. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/RHPC9Journal/article/view/242442> [in Thai]
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2019). Guide to using the science subject curriculum (revised edition 2017) according to the Basic Education Core Curriculum 2008, primary level. <https://www.scimath.org/e-books/8922/flippingbook/index.html> [in Thai]
- Vasinayanuwatana, T. (2021). Trends of Research on STEM Education in Thai Context. *Journal of Yala Rajabhat University*, 18(1), 24-32. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/yr_u_human/article/view/252663 [in Thai]
- Yuliati, L., Putri, E. G., Taufiq, A., Purwaningsih, E., Affriyenni, Y., & Halim, L. (2020). Exploration of problem-solving skill with inquiry-based authentic learning for the stem program. *AIP Conference Proceedings*, 2215(1), 050019. <https://doi.org/10.1063/5.0001552>