สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามความเข้าใจและมุมมองของครู
STEM Education and Engineering Design According to Teachers' Understandings and Perspectives

ลือชา ลดาชาติ*
ladachart@gmail.com
วิลาวัลย์ โพธิ์ทอง**
วิไลภรณ์ ฤทธิคุปต์***
ลฎาภา ลดาชาติ****

บทคัดย่อ

สะเต็มศึกษาเป็นนโยบายทางการศึกษาที่รองรับยุทธศาสตร์ชาติ ซึ่งเน้นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม ครูมีบทบาทสำคัญยิ่งในการขับเคลื่อนนโยบายนี้ แต่กระนั้น งานวิจัยที่ศึกษาความเข้าใจและมุมมองของครูเกี่ยวกับสะเต็มศึกษายังคงมีจำกัด การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสะเต็มศึกษาตามความเข้าใจและมุมมองของครู 23 คน ในพื้นที่ภาคเหนือ ในการนี้ ครูแต่ละคนทำแบบสอบถาม ซึ่งมีทั้งแบบปลายเปิดและแบบมาตราส่วนประมาณค่า ผลการวิจัยเปิดเผยว่า ครูทุกคนเห็นด้วยกับนโยบายสะเต็มศึกษา แต่ครูจำนวนหนึ่งขาดความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ทั้งในแง่ของนิยาม เป้าหมาย และแนวทางการจัดการเรียนการสอน ซึ่งไม่ได้เน้นการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างนวัตกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูส่วนใหญ่ไม่ได้เห็นความแตกต่างที่สำคัญระหว่างสะเต็มศึกษากับแนวทางการจัดการเรียนการสอนรูปแบบอื่น ๆ โดยเฉพาะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ครูจำนวนหนึ่ง แม้เป็นเพียงส่วนน้อย มองการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่าเป็นกระบวนการที่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว ในการนี้ สิ่งที่ครูส่วนใหญ่กังวลมากที่สุดคือความรู้และความสามารถของตนเอง ดังนั้น การพัฒนาวิชาชีพควรส่งเสริมให้ครูได้เรียนรู้และคุ้นเคยกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นหัวใจหลักของสะเต็มศึกษา

คำสำคัญ: การออกแบบเชิงวิศวกรรม, สะเต็มศึกษา, ครูประจำการ

*อาจารย์ ดร. สาขาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา
**อาจารย์ ดร. สาขาเทคโนโลยีการศึกษา วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา
***อาจารย์ ดร. สาขาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา
****อาจารย์ ดร. สาขาหลักสูตรการสอนและการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Abstract

STEM education becomes a new educational policy that supports the national development strategies using innovation. Teachers play a significant role in moving this policy forward. Nonetheless, research that investigates STEM education according to teachers' understandings and perspectives is still limited. This research aimed at exploring 23 teachers' understandings and perspectives about STEM Education in the northern region of Thailand. The teachers individually completed questionnaires, which consist of both open-ended and rating scale formats. The research results revealed that all the teachers agreed with STEM education policy, but some of them lacked understandings about STEM education in regard of its definition, goal, and approach to teaching and learning, which did not focus on engineering design process. Most teachers did not distinguish STEM education from other instructional approaches, especially inquiry-based one. Moreover, a small number of teachers perceived engineering design as a fixed, step-by-step process. What was most concerned by most teachers is their own knowledge and ability in organizing STEM education in classrooms. Thus, professional development should facilitate teachers to learn and familiarize engineering design process, which is the key of STEM education.

Keywords: Engineering design, STEM education, In-service teachers

บทนำ

หลังจากที่รัฐบาลได้ประกาศนโยบาย "ประเทศไทย 4.0" (สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2559, หน้า 2) ซึ่งมุ่งเน้น "การปฏิรูปโครงสร้างทางเศรษฐกิจที่เน้นการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยี" แทนการผลิตและส่งออกสินค้าโภคภัณฑ์ดังเช่นในอดีต ทั้งนี้เพื่อขับเคลื่อนประเทศให้ก้าวพ้นจาก "กับดักรายได้ปานกลาง" (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2557) ประเทศไทยจึงต้องการทรัพยากรบุคคลจำนวนมากที่สามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมได้ แต่กระนั้นก็ตาม การสำรวจกำลังคนด้านวิศวกรรมศาสตร์ โดยประสบสุข หอมหวล และยุพิน กาญจนะศักดิ์ดา (2552, หน้า 80) เปิดเผยว่า ประเทศไทยยังขาดบุคลากร "ระดับมันสมองที่สามารถประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือ/ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นตราสัญลักษณ์ของตนเองได้" ด้วยเหตุนี้ยุทธศาสตร์ที่ 3.3 ใน "ร่างยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี 2560-2579" คือ "การปฏิรูปการเรียนรู้แบบพลิกโฉม ... โดย(การ)ออกแบบการเรียนรู้ในทุกระดับชั้น...ที่มุ่งเน้นการใช้ฐานความรู้และระบบคิดใน 5 ศาสตร์สำคัญ" (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560, หน้า 90) ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์

ในการตอบสนองต่อนโยบายระดับชาตินี้ กระทรวงศึกษาธิการจึงมีนโยบายส่งเสริมการพัฒนานักเรียนด้านการสร้างนวัตกรรม (นวรัตน์ รามสูต และบัลลังก์ โรหิตเสถียร, 2559) โดย "สะเต็มศึกษา" (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาหนึ่งที่มุ่งปูพื้นฐานให้นักเรียนมีความสามารถด้านการสร้างนวัตกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557; Cotabish et al., 2013) คำว่า "สะเต็ม" (STEM) มาจากอักษรตัวแรกของ 4 สาขาวิชาที่เป็นพื้นฐานในการสร้างนวัตกรรม ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์

(Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557) สะเต็มศึกษาจึงเป็นการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการ 4 สาขาวิชาเหล่านี้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้และประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างนวัตกรรม หรือเทคโนโลยีที่แก้ปัญหา หรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ (Kelly & Knowles, 2016) ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2559)

เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นเรื่องใหม่หลายฝ่าย จึงอาจเข้าใจสะเต็มศึกษาแตกต่างกัน (Bybee, 2010) บางคนอาจมองสะเต็มศึกษา ด้วยจุดเน้นไปที่การบูรณาการสาขาวิชาต่าง ๆ (Vasquez, 2015) ซึ่งมีได้หลายรูปแบบและไม่จำเป็นต้องครบทั้ง 4 สาขาวิชา (English, 2016) บางคนอาจมองว่า หัวใจของสะเต็มศึกษา คือ การออกแบบเชิงวิศวกรรม (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2559) ดังนั้น ไม่ว่าการบูรณาการจะเป็นเช่นใด การออกแบบเชิงวิศวกรรมจึงเป็น “แกนกลาง” ที่สะเต็มศึกษาจะขาดไม่ได้ (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2558) สิ่งที่น่ากังวลคือว่า หากธรรมชาติของสะเต็มศึกษายังไม่ชัดเจน การขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาจะประสบผลสำเร็จได้ยาก (Akerson et al., 2018) ในการนี้ Peter-Burton (2014) เห็นว่า หากสะเต็มศึกษาจะเข้ามามีบทบาทในการจัดการศึกษา สะเต็มศึกษาต้องสร้างความแตกต่างจากการจัดการศึกษาที่มีอยู่เดิม เนื่องจากการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการไม่ใช่เรื่องใหม่ (Vars, 1991) การบูรณาการจึงอาจไม่ใช่ลักษณะเฉพาะที่ทำให้สะเต็มศึกษาแตกต่างไปจากการจัดการศึกษาที่มีอยู่เดิม หากแต่เป็นการบูรณาการการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการจัดการเรียนการสอนวิชาแกน (เช่น วิทยาศาสตร์) ที่เป็นเรื่องใหม่ (NGSS Lead States, 2013) และทำให้สะเต็มศึกษาแตกต่างไปจากการจัดการศึกษาแบบเดิม ๆ

ไม่เพียงแต่นักวิชาการ ความเข้าใจและมุมมองที่แตกต่างกันเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา สามารถสร้างความไม่แน่ใจและความกังวลให้กับครู (Nadelson et al., 2013) ผู้ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษา แต่กระนั้นก็ตาม งานวิจัยที่ศึกษาความเข้าใจ และมุมมองของครูต่อเรื่องนี้ยังคงมีไม่มากนัก ในจำนวนนี้ งานวิจัยของ ชุติมา วิชัยดิษฐ และชาตรี ฝ่ายคำตา (2560, หน้า 168) เปิดเผยว่า “นิสิตครูวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 33.33 จากทั้งหมด 24 คน) ไม่ได้มองว่า วิทยาศาสตร์คือกระบวนการ(สร้างความรู้) ... (หากแต่) มองเฉพาะส่วนที่เป็นตัวความรู้” ซึ่งอาจกลายเป็นข้อจำกัดสำคัญ ทั้งนี้เพราะกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา (NGSS Lead States, 2013) ยิ่งไปกว่านั้น งานวิจัยเดียวกันนี้ยังเปิดเผยด้วยว่า แม้นิสิตครูเข้าใจว่าวิศวกรรมศาสตร์คือการออกแบบนวัตกรรม แต่ก็ “ไม่ได้กล่าวอย่างครอบคลุมถึงการออกแบบ การวางแผน การแก้ปัญหา การใช้ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ... เพื่อ... ตอบสนองความต้องการ” (ชุติมา วิชัยดิษฐ และชาตรี ฝ่ายคำตา, 2560, หน้า 169)

ในขณะที่งานวิจัยของ ชุติมา วิชัยดิษฐ และชาตรี ฝ่ายคำตา (2560) ให้ข้อมูลที่น่าสนใจเกี่ยวกับนิสิตครู แต่งานวิจัยกับครูประจำการที่ปฏิบัติการสอนในโรงเรียนยังมีไม่มากนัก ในจำนวนนี้ Thammaprateep & Chartisathian (2018) พบว่า ครูปฐมวัยมีความเข้าใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา หลังจากโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบร่วมมือ (นาน 6 วัน หรือ 36 ชั่วโมง) อย่างไรก็ตาม หลักฐานจากการสัมภาษณ์เปิดเผยว่า แม้ภายหลังจากการเข้าร่วมโปรแกรมนี้ ครูปฐมวัยยังไม่ได้ระบุถึงการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างชัดแจ้งในนิยามและเป้าหมายของสะเต็มศึกษา (p. 88) แต่ด้วยความร่วมมือกับผู้วิจัย ครูเหล่านี้สามารถบูรณาการการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ และการปฏิบัติการสอน งานวิจัยนี้จึงบอกเป็นนัยว่า การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา รวมทั้งการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ อาจไม่ได้ส่งเสริมให้ครูมีความเข้าใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาในทันที

ดังนั้น ท่ามกลางความพยายาม ในการอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาอย่างกว้างขวาง “ครูจะมีความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาที่ดีขึ้น” จึงยังไม่ใช่สิ่งที่ใครจะรับประกันได้

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาว่า ครูมีความเข้าใจและมุมมองเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างไร โดยคณะผู้วิจัยมุ่งตอบคำถามวิจัย 3 ข้อ ดังนี้

1. ครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาอย่างไร
2. ครูมีมุมมองต่อสะเต็มศึกษาอย่างไร
3. ครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างไร

ผลการวิจัยนี้จะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวกับการผลิตและพัฒนาครู อาทิ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และมหาวิทยาลัยต่าง ๆ สำหรับการส่งเสริมให้ครูตลอดจนนิสิตครู มีมุมมอง และความเข้าใจที่เหมาะสมเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และการออกแบบเชิงวิศวกรรมต่อไป

ธรรมชาติของสะเต็มศึกษา

หลังจากที่สะเต็มศึกษาได้รับความสนใจมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง นักการศึกษาพยายามสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของสะเต็ม (Nature of STEM) โดย Peter-Burton (2014) ได้เริ่มตั้งคำถามว่า ธรรมชาติของสะเต็มมีอยู่จริงหรือไม่ และถ้ามี อะไรคือธรรมชาติของสะเต็ม โดยคำว่า “ธรรมชาติ” ในที่นี้หมายถึงการบรรยายโลกทัศน์ของสาขาวิชาใด ๆ ที่ซึ่งบุคคลากรในสาขานั้นมีร่วมกัน และการสังเคราะห์ว่าความรู้ในสาขาวิชานั้นถูกสร้างขึ้นมาได้อย่างไร (p. 99) ดังนั้น หากสะเต็มจะเป็นสาขาวิชาใหม่ที่แตกต่างไปจากสาขาวิชาเฉพาะดังเช่นวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ การระบุธรรมชาติของสะเต็มจึงเป็นสิ่งจำเป็น อย่างไรก็ตาม Akerson et al. (2018, p. 6) แย้งว่า “สะเต็มไม่ใช่สาขาวิชาในตัวของมันเอง ดังนั้น (มัน) จึงไม่มีธรรมชาติ” ถึงกระนั้น Peter-Burton (2014, p. 100) มองว่าธรรมชาติของสะเต็มคือ “ความพยายามของมนุษย์ที่คาดหวังผลลัพธ์บนพื้นฐานของความรู้, สร้างความหมายของสิ่งที่ถูกสังเกต, ใช้เหตุผลทางตรรกะ, เข้าถึงสิ่งที่ไม่รู้อย่างเป็นระบบ, และโปร่งใสต่อการประเมินและการทำซ้ำ”

ด้วยเหตุนี้ ธรรมชาติของสะเต็มศึกษาจึงยังคงไม่ชัดเจนและเป็นที่ถกเถียงกัน บางคนอาจมองว่าธรรมชาติของสะเต็มศึกษาคือการบูรณาการ 4 สาขาวิชา (Vasquez, 2015, p. 13) ซึ่งมีได้หลายรูปแบบ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary integration) การบูรณาการแบบพหุวิชา (Multidisciplinary integration) การบูรณาการแบบสหวิชา (Interdisciplinary integration) และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary integration) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการบูรณาการสาขาวิชาต่าง ๆ ไม่ใช่เรื่องใหม่ในวงการการศึกษา (Vars, 1991) การบูรณาการบางรูปแบบจึงแทบไม่ได้ทำให้สะเต็มศึกษามีลักษณะเฉพาะตัว ตัวอย่างเช่น การบูรณาการภายในวิชา ซึ่งเป็นการบูรณาการแนวคิดและทักษะภายในวิชาใด ๆ (เช่น วิทยาศาสตร์) แทบไม่แตกต่างไปจากแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิชานั้น ๆ ทั้งนี้เพราะหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ก็ได้มุ่งเน้นให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเป็นปกติอยู่แล้ว (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553, หน้า 1) การบูรณาการจึงอาจไม่ใช่ลักษณะเฉพาะที่ทำให้สะเต็มศึกษาแตกต่างไปจากการจัดการศึกษาที่มีอยู่เดิม

หากธรรมชาติของสะเต็มศึกษามีอยู่จริง สิ่งนั้นควรเป็นกระบวนการที่ซึ่งบุคคลากรในสาขาสะเต็มใช้ในการสร้างความรู้และการแก้ปัญหา ซึ่งมักเกิดขึ้นเป็นวัฏจักรซ้ำ ๆ (Peter-Burton, 2014) ดังเช่นที่ NGSS Lead States (2013) ระบุให้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และ

การออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่สอดรับกับแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่บุคคลากรในสาขาสะเต็มใช้ในการสร้างความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา และการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่บุคคลากรในสาขาสะเต็มใช้ในการแก้ปัญหาบนพื้นฐานของความรู้นั้น (Kolodner et al., 2003) โดยคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีทำหน้าที่เป็นเครื่องมือและความรู้พื้นฐานที่ส่งเสริมการสร้างความรู้และการแก้ปัญหานั้น การออกแบบเชิงวิศวกรรมจึงเป็น “แกนกลาง” หรือ “หัวใจหลัก” ของสะเต็มศึกษา (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2558: คำนำ; 2559: คำนำ) ด้วยเหตุนี้ การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาว่า ครูมีความเข้าใจและมุมมองต่อสะเต็มศึกษาอย่างไร ครูมองการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นหัวใจหลักของสะเต็มศึกษาหรือไม่ และครูเข้าใจการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างไร

วิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

บริบท

การวิจัยนี้เป็นกิจกรรมหนึ่งใน “โครงการคูปองพัฒนาครู” (สำนักพัฒนาครูและบุคลากรการศึกษา, 2559) ประจำปีงบประมาณ 2560 โดยครูแต่ละคนได้รับการสนับสนับงบประมาณจาก สพฐ. เพื่อสมัครเข้ารับการอบรมตามความสนใจในหลักสูตรต่าง ๆ ในการนี้ วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา เป็นหน่วยงานหนึ่งที่ได้พัฒนาและเสนอหลักสูตรการอบรมเชิงปฏิบัติการที่มีชื่อว่า “การเรียนรู้โดยการออกแบบ: สะเต็มศึกษา” ซึ่งมุ่งเน้นให้ครูได้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดคณิตศาสตร์ผ่านการออกแบบชิ้นงานภายใต้ข้อจำกัด การอบรมมีขึ้นในช่วง 26-27 สิงหาคม 2560 ณ โรงแรมแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงราย โดยคณะผู้วิจัยเป็นวิทยากร

ผู้ให้ข้อมูล

จากครูทั้งหมด 27 คน ที่เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการ ครู 23 คน (ชาย 8 คน และหญิง 15 คน) ยินดีให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ครูกลุ่มนี้มีอายุในช่วง 21-30 ปี 3 คน (13.0%) ช่วง 31-40 ปี 9 คน (39.2%) ช่วง 41-50 ปี 5 คน (21.7%) และช่วง 51-60 ปี 5 คน (21.7%) โดยครู 1 คน ไม่เปิดเผยอายุ ครูเหล่านี้ ดำรงตำแหน่งครูผู้ช่วย หรือครูระดับปฏิบัติการ 10 คน (43.5%) ครูชำนาญการ 8 คน (34.8%) และครูชำนาญการพิเศษ 5 คน (21.7%) ครูประมาณครึ่งหนึ่ง (12 คน หรือ 52.2%) จบการศึกษาระดับปริญญาตรี และที่เหลือจบการศึกษาระดับปริญญาโท ครู 8 คน (34.8%) มีภูมิหลังทางการศึกษาเป็นวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ครู 8 คน (34.8%) มีภูมิหลังเป็นคณิตศาสตร์ ส่วนครู 13 คน (56.5%) มีภูมิหลังที่ไม่เกี่ยวข้องกับ 4 ศาสตร์นี้ หรือไม่ระบุภูมิหลังทางการศึกษา ครูส่วนใหญ่ (18 คน หรือ 78.3%) มาจากโรงเรียนในระดับประถมศึกษา ในขณะที่ครู 2 คน (8.7%) มาจากโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา ส่วนครูอีก 2 คน (8.7%) มาจากโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ครูทั้งหมดเคยได้ยินคำว่า “สะเต็มศึกษา” มาก่อนหน้านี้ ทั้งจากหน่วยงานและ/หรือสื่อต่าง ๆ

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบถาม 2 ชุด แบบสอบถามชุดที่ 1 ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1. ภูมิหลัง 2. ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และ 3. มุมมองต่อสะเต็มศึกษา โดยส่วนที่ 1 คณะผู้วิจัยถามเกี่ยวกับเพศ อายุ วิทยฐานะ วุฒิและภูมิหลังทางการศึกษา วิชาในความรับผิดชอบ และประเภทของโรงเรียนต้นสังกัด ในขณะที่ส่วนที่ 2 คณะผู้วิจัยกำหนดให้ครูเขียนบรรยายตามความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับ 1. นิยามของสะเต็มศึกษา 2. เป้าหมายของสะเต็มศึกษา และ 3. การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

และส่วนที่ 3 คณะผู้วิจัยกำหนดให้ครูประเมินตนเองว่า 1. เห็นด้วยกับนโยบายสะเต็มศึกษาในระดับใด 2. มีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาในระดับใด และ 3. มีความกังวลเกี่ยวกับในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาในระดับใด โดยคำถามทั้ง 3 ข้อนี้ อยู่ในรูปแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด) ร่วมกับการกำหนดให้ครูเขียนบรรยายเหตุผลเพิ่มเติม

แบบสอบถามชุดที่ 2 เกี่ยวข้องกับความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งคณะผู้วิจัยแปลมาจากแบบสอบถามในงานวิจัยของ Mosborg et al. (2005) แบบสอบถามชุดนี้อยู่ในรูปแบบของมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ซึ่งครูต้องแสดงระดับความเห็นด้วยต่อข้อความเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม 20 ข้อความ โดยผู้วิจัยคนที่ 1 ได้แปลข้อความจากภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทย และผู้วิจัยคนที่ 2 - 4 ทำการตรวจสอบการใช้ภาษาและความหมายของข้อความ เมื่อครูทำแบบสอบถามแล้ว คณะผู้วิจัยจึงตรวจสอบความเชื่อมั่นโดยการหาค่า Cronbach's alpha ซึ่งได้เท่ากับ .597 โดยค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานนี้อาจเป็นผลมาจากการแปลข้อความเป็นภาษาไทย คณะผู้วิจัยจึงทบทวนข้อความและตัดออกไป 2 ข้อความ จากนั้น คณะผู้วิจัยหาค่าความเชื่อมั่นอีกครั้ง ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 0.730 ตามเกณฑ์การยอมรับได้ (Morgan et al., 2013, p. 129)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

คณะผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการอบรมเชิงปฏิบัติการจะเริ่มขึ้น หลังจากที่ครูลงทะเบียนเสร็จ คณะผู้วิจัยแจกแบบสอบถามทั้ง 2 ชุดให้ครูแต่ละคนทำ โดยครูสามารถเลือกทำชุดใดก่อนก็ได้ ในการนี้คณะผู้วิจัยไม่ได้กำหนดให้ครูเขียนชื่อ หรือแสดงตัวตนลงในแบบสอบถามทั้ง 2 ชุด ทั้งนี้เพื่อให้ครูรู้สึกสะดวกใจ ในการแสดงความเข้าใจ และมุมมองของตนเองอย่างอิสระ ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงไม่สามารถจับคู่ และเชื่อมโยงแบบสอบถาม 2 ชุดที่ครูคนเดียวทำได้ ซึ่งกลายเป็นข้อจำกัดในการวิเคราะห์เพื่อสร้างความสัมพันธ์ใด ๆ จากข้อมูลในแบบสอบถามทั้ง 2 ชุด ในการนี้ ครูส่วนใหญ่ใช้เวลาประมาณ 45 นาทีในการทำแบบสอบถามทั้ง 2 ชุด แต่ครูส่วนน้อย (3 - 5 คน) ไม่สามารถทำแบบสอบถามเสร็จทันตามครูส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพราะความล่าช้าในการเดินทางมายังสถานที่การจัดอบรม คณะผู้วิจัยจึงขยายเวลาครูเหล่านี้ส่งคืนแบบสอบถามในช่วงเวลาพักรับประทานอาหารว่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลในการวิจัยนี้มี 2 ประเภท ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ การวิเคราะห์ข้อมูลจึงขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูล ในส่วนของข้อมูลเชิงปริมาณจากข้อคำถามที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า คณะผู้วิจัยใช้สถิติเชิงบรรยาย ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และในส่วนของข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อคำถามปลายเปิด คณะผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาในการวิเคราะห์ข้อมูล ในการนี้ ผู้วิจัยคนที่ 1 เป็นผู้วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โดยการอ่านคำตอบของครูแต่ละคนต่อข้อคำถามแต่ละข้ออย่างละเอียด จากนั้น ผู้วิจัยคนที่ 1 ทำการจัดคำตอบของครูออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามความหมายที่เหมือน หรือคล้ายกัน เมื่อกลุ่มข้อมูลเริ่มอิ่มตัวแล้ว ผู้วิจัยจึงส่งผลการวิเคราะห์เบื้องต้นให้กับคณะผู้วิจัยทั้ง 3 คน ตรวจสอบอีกครั้ง โดยคณะผู้วิจัยทั้ง 3 คน มีความเห็นแตกต่างเพียงเล็กน้อยและไม่ใช่ประเด็นสำคัญ ในการนี้ คณะผู้วิจัยทั้งหมดอภิปรายร่วมกัน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนหรืออคติจากการตีความหมายข้อมูล ซึ่งนำไปสู่การยืนยันผลการวิจัย

ผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยรายงานผลการวิจัยตามคำถามวิจัยทีละข้อ ดังต่อไปนี้

ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา

จากครู 22 คนที่ตอบคำถามส่วนนี้ คณะผู้วิจัยแบ่งนิยามสะเต็มศึกษาของครูออกเป็น 4 กลุ่ม ดังตารางที่ 1 โดยครูกลุ่มที่ 1 ไม่ได้ระบุถึงการบูรณาการของสาขาวิชาต่าง ๆ ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของสะเต็มศึกษา (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) หากแต่ส่วนใหญ่เข้าใจว่า สะเต็มศึกษา คือ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ครูกลุ่มที่ 2 ระบุถึงการบูรณาการ แต่ไม่ได้ระบุสาขาวิชาสะเต็มครบทั้ง 4 ศาสตร์ ส่วนครูกลุ่มที่ 3 ระบุถึงการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ แต่กระนั้น การออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นหัวใจหลักของการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2559) ยังไม่ปรากฏในการนี้ ครูกลุ่มที่ 4 ให้นิยามสะเต็มศึกษาได้สมบูรณ์ที่สุด ซึ่งมีทั้งการบูรณาการ 4 สาขาวิชา และเน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นสำคัญ

ตารางที่ 1 คำตอบของครูเกี่ยวกับนิยามของสะเต็มศึกษา

กลุ่มที่	ลักษณะเด่น	ตัวอย่าง	จำนวน (คน)
1	นิยามไม่ระบุถึงการบูรณาการ	“สะเต็มศึกษาคือการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” (T19)	5
2	นิยามระบุถึงบูรณาการแต่ไม่ระบุสาขาวิชา	“เป็นการสอนจากสิ่งใกล้ตัว เน้นการปฏิบัติโดยการสอนแบบบูรณาการ” (T12)	4
3	นิยามระบุถึงการบูรณาการ 4 สาขาวิชา แต่ไม่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม	“การสอนแบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม” (T4)	9
4	นิยามระบุถึงการบูรณาการ 4 สาขาวิชา และเน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม	“แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิต” (T22)	4

จากครู 22 คนที่ตอบคำถามส่วนนี้ คณะผู้วิจัยแบ่งเป้าหมายของสะเต็มศึกษาตามความเข้าใจของครูออกเป็น 3 กลุ่ม ดังตารางที่ 2 โดยครูกลุ่มที่ 1 มองเป้าหมายของสะเต็มศึกษาด้านเจตคติเป็นสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นความสนุกในการเรียนรู้และความตระหนักถึงคุณค่าของการเรียนรู้ ในขณะที่ครูกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นครูส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับผลการเรียนรู้ทั่วไป เช่น ความรู้ ความสามารถ ทักษะการคิด และการประยุกต์ใช้ความรู้โดยปราศจากการเจาะจงที่ชัดเจนว่า ผลการเรียนรู้นั้นเป็นความรู้ ความสามารถ ทักษะการคิด และการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องอะไรหรือด้านใด ส่วนครูกลุ่มที่ 3 มองเป้าหมายไปที่การส่งเสริมให้นักเรียนฝึกออกแบบและสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรม ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์ระดับชาติ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560; สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2559)

ตารางที่ 2 คำตอบของครูเกี่ยวกับเป้าหมายของสะเต็มศึกษา

กลุ่มที่	ลักษณะเด่น	ตัวอย่าง	จำนวน (คน)
1	เจตคติ	“คือบูรณาการสาระวิชาให้นักเรียนสนุกกับการเรียน” (T3)	3
2	ผลการเรียนรู้ทั่วไป	“การเกิดทักษะ กระบวนการ การสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการปฏิบัติจริง” (T5)	14
3	การสร้างนวัตกรรม	“ให้ผู้เรียนฝึกออกแบบ วางแผน สร้างนวัตกรรม เพื่อรู้จักการแก้ปัญหา” (T2)	5

ด้วยครูส่วนใหญ่มองเป้าหมายของสะเต็มศึกษายังไม่ชัดเจน ดังนั้นจากการวิเคราะห์คำตอบของครู 22 คน ที่ตอบคำถามด้านแนวทางการจัดการเรียนการสอน คณะผู้วิจัยจึงแบ่งคำตอบออกเป็น 3 กลุ่ม โดยครูกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นครูส่วนใหญ่ จึงระบุการจัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะทั่วไป ซึ่งไม่ได้แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนรูปแบบอื่น ๆ เช่น การลงมือปฏิบัติการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้ที่มีปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้แบบร่วมมือและการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการ ในขณะที่ครูกลุ่มที่ 2 ระบุถึงการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้สร้างชิ้นงาน หรือนวัตกรรม อย่างไรก็ตามครูกลุ่มนี้ยังไม่ได้ตระหนักและให้ความสำคัญกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นลักษณะที่ปรากฏในคำตอบครูกลุ่มที่ 3 ผู้ซึ่งตระหนักว่า การสร้างชิ้นงาน หรือนวัตกรรมต้องอาศัยกระบวนการออกแบบอย่างเป็นระบบ (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2559) ไม่ใช่การลองผิดลองถูก

ตารางที่ 3 คำตอบของครูเกี่ยวกับการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

กลุ่มที่	ลักษณะเด่น	ตัวอย่าง	จำนวน (คน)
1	แนวทางทั่วไป	“การเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนปฏิบัติ โดยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์” (T1) “การจัดการเรียนการสอนเชิงกระบวนการ เชิงการลงมือทำ แบบเป็นกลุ่ม” (T10)	15
2	การสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรม	“คือการจัดการเรียนการสอนจากการสร้างสิ่งประดิษฐ์ หรือให้นักเรียนประดิษฐ์ ทำการทดลอง แล้วให้อธิบายออกมา ให้มีการเชื่อมโยงกับ 4 วิชาข้างต้น หรือครูผู้สอนแนะนำและอธิบายเพิ่มเติม” (T11)	5
3	การออกแบบเชิงวิศวกรรม	“การจัดการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนคิดประดิษฐ์หรือทำชิ้นงานออกมา และในกระบวนการทำชิ้นงานนั้น ผู้เรียนต้องได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบและคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานนั้น เพื่อทำให้ชิ้นงานนั้นสำเร็จออกมาได้” (T8)	2

มุมมองต่อสะเต็มศึกษา

แม้ครูหลายคนขาดความเข้าใจที่สมบูรณ์เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาแต่ครูทุกคนแสดงมุมมองเชิงบวกต่อนโยบายสะเต็มศึกษา โดยครู 3 คน (13.0%) และ 18 คน (78.3%) ระบุว่า ตนเอง “เห็นด้วยอย่างยิ่ง” และ “เห็น” ตามลำดับ ในขณะที่ครู 2 คน (8.7%) ระบุว่า ตนเอง “เฉย ๆ” กับนโยบายนี้ ในการนี้ครูแต่ละคนอาจเล็งเห็นศักยภาพของสะเต็มศึกษา ในลักษณะที่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์คำตอบของครู 18 คน ที่ตอบคำถามส่วนนี้ ครูส่วนใหญ่ (11 คน) ให้เหตุผลว่า สะเต็มศึกษาจะก่อประโยชน์ให้กับนักเรียนด้านต่าง ๆ อาทิ ความรู้ ทักษะ และเจตคติ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “เพราะเป็นการฝึกฝนทักษะทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนในระดับตัวน้อย ๆ” (T2) “กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และสร้างแรงบันดาลใจต่อผู้เรียน” (T8) และ “เป็นการนำเอาวิชาความรู้มาแก้ปัญหาต่าง ๆ รู้จักบูรณาการ” (T18) อย่างไรก็ตาม ครู 3 คน ไม่สามารถระบุศักยภาพของสะเต็มศึกษาที่เป็นรูปธรรมได้โดยการระบุเพียงแค่ว่า นักเรียนจะได้

ประโยชน์หลายด้าน (T4, T5, และ T13) ในขณะที่ครู 2 คน เห็นด้วยเพียงเพราะสะเต็มศึกษาเป็นเรื่องใหม่ (T12 และ T15) ในการนี้ ครู 2 คน (T7 และ T14) เห็นด้วยเพราะสะเต็มศึกษาสนองนโยบายระดับชาติที่เน้นการสร้างนวัตกรรม

แม้ครูทุกคนเห็นศักยภาพของสะเต็มศึกษาในการพัฒนานักเรียน แต่ครูไม่ทุกคนที่แสดงความพร้อมต่อนโยบายการศึกษานี้ โดยครูเพียง 3 คน (13.0%) ระบุความพร้อมของตนเองในระดับมาก ในขณะที่ครู 14 คน (60.9%) ระบุความพร้อมในระดับปานกลาง ส่วนครูอีก 6 คน (26.1%) ระบุความพร้อมในระดับน้อยหรือน้อยที่สุด โดยเหตุผลหลักคือความตระหนักว่า ตนเองยัง “ขาดความเข้าใจในเรื่องสะเต็มศึกษา” (T1) “ยังไม่ทราบวิธีการในการออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียน” (T8) และ/หรือ “ยังเข้าใจเกี่ยวกับ STEM ไม่มากพอ และไม่รู้จะถ่ายทอดให้ผู้เรียนเข้าใจได้ถูกต้องอย่างไร” (T16) เหตุผลรองลงมาคือความพร้อมของนักเรียน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นนักเรียนชาติพันธุ์ (T2, T9, และ T11) ตลอดจนข้อจำกัดด้านบริบทของโรงเรียน (T5, T9, T11, T12, และ T13) ไม่ว่าจะเป็นสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ เวลา งบประมาณ และภาระงาน ด้วยเหตุนี้ ครูส่วนใหญ่จึงกังวลในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยครู 14 คน (60.9%) แสดงความกังวลระดับปานกลาง ครู 8 คน (34.7%) มีความกังวลระดับมากหรือมากที่สุด และครูเพียง 1 คน (4.3%) กังวลระดับน้อยหรือน้อยที่สุด

ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม

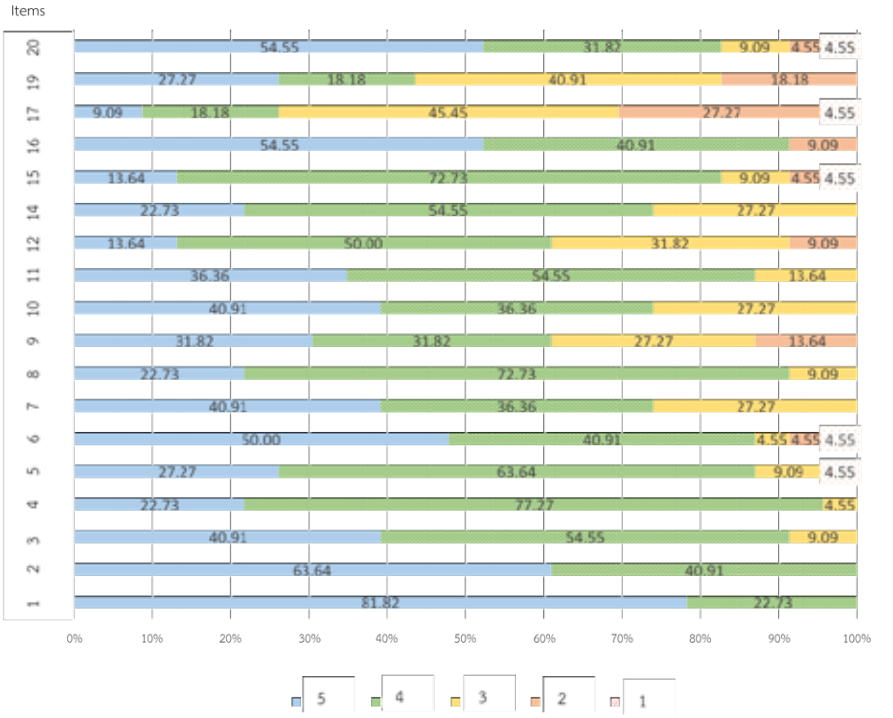
จากหาค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลปรากฏดังตารางที่ 4 โดยครูส่วนใหญ่แสดงความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเฉพาะความเข้าใจที่ว่า การออกแบบต้องคำนึงถึงผู้ใช้เป็นสำคัญ (1 และ 2) แต่ในขณะเดียวกัน การออกแบบต้องคำนึงถึงการประหยัดทรัพยากรด้วยเช่นกัน (16) ดังนั้น การออกแบบจึงต้องอาศัยข้อมูลสารสนเทศด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (3 และ 20) โดยความเข้าใจปัญหาและความคิดเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาจะเกิดขึ้นควบคู่กันไป (6 และ 11) ดังนั้น การออกแบบจึงเป็นการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการฝึกฝน (4, 7, 8, และ 10)

ตารางที่ 4 ระดับความเห็นด้วยต่อข้อความต่าง ๆ เกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ข้อความ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใด ๆ ผู้ออกแบบต้องพิจารณาผู้ใช้เป็นสำคัญ	4.78	0.422
2. การออกแบบเชิงวิศวกรรมคือการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ ระบบ ส่วนประกอบหรือกระบวนการที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้	4.61	0.499
3. ข้อมูลและสารสนเทศเป็นหัวใจสำคัญของการออกแบบ	4.30	0.635
4. การออกแบบคือกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้ออกแบบปรับเปลี่ยนและขยายความรู้ของตนเองเกี่ยวกับการออกแบบ	4.17	0.491
5. การออกแบบไม่ใช่การบอกว่า ผลิตภัณฑ์เป็นอย่างไร แต่เป็นการสำรวจว่าผลิตภัณฑ์สามารถเป็นอย่างไรได้บ้าง	4.04	0.878
6. ในการออกแบบ ปัญหาและวิธีแก้ปัญหาค่อย ๆ พัฒนาไปพร้อมกัน โดยวิธีแก้ปัญหาทำให้เกิดความเข้าใจใหม่เกี่ยวกับปัญหา และความเข้าใจใหม่นั้นทำให้เกิดทางเลือกในการแก้ปัญหา	4.22	1.043
7. การออกแบบเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นวัฏจักร	4.13	0.815
8. ผู้ออกแบบใช้ภาพร่างเป็นส่วนหนึ่งในการให้เหตุผลที่จะนำไปสู่ความคิดและการสร้างสรรค์ผลงาน	4.13	0.548

ตารางที่ 4 ระดับความเห็นด้วยต่อข้อความต่าง ๆ เกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม **(ต่อ)**

ข้อความ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
9. การออกแบบเป็นกิจกรรมที่ซับซ้อนกว่าการกำหนดปัญหาและการหาวิธีแก้ปัญหานั้น	3.78	1.043
10. การออกแบบเป็นเรื่องซับซ้อนที่ต้องอาศัยทักษะและการฝึกฝน ไม่ใช่ความสามารถหรือพรสวรรค์ที่ติดตัวมาแต่กำเนิด	4.13	0.815
11. การออกแบบมักเป็นกิจกรรมที่มีวิธีแก้ปัญหาชี้นำ ผู้ออกแบบเสนอวิธีแก้ปัญหาเพื่อที่จะเข้าใจปัญหานั้นดียิ่งขึ้น	4.22	0.671
12. การออกแบบเชิงวิศวกรรมส่งผลกระทบต่อสังคมทุกมิติ	3.65	0.832
14. การออกแบบเป็นหัวใจสำคัญของวิศวกรรม การออกแบบทำให้วิศวกรรมแตกต่างไปจากวิทยาศาสตร์	3.96	0.706
15. การออกแบบคือนิยามของวิศวกรรม งานหลักของวิศวกรคือการสร้างสิ่งใหม่เพื่อปรับปรุงหรือพัฒนาสังคม	3.83	0.887
16. สิ่งสำคัญในการออกแบบคือการประหยัดทรัพยากร ไม่ว่าจะเป็นการใช้สิ่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า	4.35	0.885
17. ผู้ออกแบบที่เก่งมักออกแบบและได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องตั้งแต่เริ่มแรก*	3.00	1.000
19. กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อแก้ปัญหาใด ๆ มักมีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว	3.52	1.082
20. การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการออกแบบ	4.22	1.085



ภาพที่ 1 ร้อยละของครูที่แสดงระดับความเห็นด้วยต่อข้อความต่าง ๆ เกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม

อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ครูเข้าใจ หรือแนใจน้อยลง คือ ความซับซ้อนของกระบวนการออกแบบ (9) โดยครูบางส่วนมีแนวโน้มที่จะมองว่า กระบวนการออกแบบเป็นขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว (19) ซึ่งผู้ที่เก่งด้านการออกแบบมักรู้หรือทราบตั้งแต่เริ่มต้นว่า ตนเองควรออกแบบชิ้นงานหรือนวัตกรรมอย่างไร (17) นอกจากนี้ครูบางส่วนยังไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างวิทยาศาสตร์กับวิศวกรรมศาสตร์ (14) และไม่แน่ใจว่าการออกแบบ คือ หัวใจของวิศวกรรมศาสตร์ (15) แม้ครูที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเช่นนี้มีจำนวนไม่มากนัก ดังภาพที่ 1 แต่ความเข้าใจเหล่านี้อาจเป็นอุปสรรคสำคัญในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทั้งนี้เพราะครูอาจชี้นำให้นักเรียนออกแบบตามความคิดที่ตนเองกำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งทำให้นักเรียนไม่ได้ฝึกออกแบบเฉก เช่น ที่วิศวกรทำการออกแบบนวัตกรรมต่าง ๆ อย่างแท้จริง นักเรียนจึงอาจขาดโอกาสการพัฒนาและฝึกฝนความสามารถ ในการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามเจตนารมณ์ของนโยบายสะเต็มศึกษา

บทสรุปและการอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเข้าใจและมุมมองของครูเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ผู้ให้ข้อมูลเป็นครู จำนวน 23 คน ที่สมัครใจเข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการ ในโครงการคูปองพัฒนาครู ซึ่งไม่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง จากการตอบแบบสอบถาม ทั้งที่เป็นคำถามปลายเปิด และที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า ผลการวิจัยปรากฏว่า ครูจำนวนหนึ่งยังไม่เข้าใจลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา โดยครูเหล่านี้มองว่า สะเต็มศึกษาเป็นวิธีสอนหนึ่งที่ไม่ได้แตกต่างจากวิธีสอนหรือแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น โดยเฉพาะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ดี ครูจำนวนหนึ่งเข้าใจสะเต็มศึกษาในฐานะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ซึ่งปรากฏตามตัวย่อของ “สะเต็ม” (STEM) ในการนี้ครูจำนวนน้อยเข้าใจว่า การออกแบบวิศวกรรมเป็น “หัวใจหลักของการเรียนรู้” ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2559) ครูหลายคนจึงมองเป้าหมายและแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาในลักษณะทั่วไป และไม่ได้ตระหนักถึงการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างนวัตกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ถึงกระนั้นก็ตาม ครูส่วนใหญ่เห็นด้วยกับนโยบายสะเต็มศึกษา ทั้งนี้เพราะความตระหนักถึงศักยภาพของสะเต็มศึกษา ในการพัฒนานักเรียนด้านต่าง ๆ แต่ในขณะเดียวกัน ครูส่วนใหญ่แสดงความพร้อม ในระดับปานกลาง และมีความกังวลในระดับปานกลางในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งสาเหตุหลักเกี่ยวข้องกับความรู้ และความสามารถของตนเองในการจัดการเรียนการสอน ในขณะที่สาเหตุอื่น ๆ เช่น ความพร้อมของวัสดุ อุปกรณ์ เวลา ตลอดจนความพร้อมของนักเรียน ก็ปรากฏในคำตอบของครูจำนวนหนึ่งเช่นกัน ผลการวิจัยนี้ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลจากธรรมชาติของครูผู้ให้ข้อมูล ทั้งนี้เพราะครูเหล่านี้รับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เน้นสะเต็มศึกษามาก่อนหน้านี้แล้ว และตระหนักดีว่าตนเองยังขาดความพร้อมด้านนี้ ครูเหล่านี้จึงสมัครเข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติที่เป็นบริบทในการวิจัยครั้งนี้ ดังนั้น การนำผลการวิจัยนี้ไปอ้างอิงจึงควรเป็นไปด้วยความระมัดระวัง

แม้ครูแสดงความพร้อมในจำนวนที่ลดลง เมื่อเทียบกับความเห็นด้วยกับนโยบายสะเต็มศึกษา แต่ครูส่วนใหญ่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมในหลายมิติ โดยเฉพาะความเข้าใจที่ว่าการออกแบบต้องคำนึงถึงผู้ใช้เป็นสำคัญ และต้องอาศัยข้อมูลจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยนี้จึงแตกต่างจากผลการวิจัยของ ชุติมา วิชัยดิษฐ และชาตรี ฝ่ายคำตา (2560) ที่เปิดเผยว่า นิสิตครูจำนวนหนึ่งไม่ได้มองว่า วิทยาศาสตร์คือกระบวนการสร้างความรู้ หากแต่มองเฉพาะส่วนที่เป็นองค์ความรู้เท่านั้น ประสบการณ์อาจช่วยให้ครูในการวิจัยนี้เข้าใจว่า กระบวนการสร้าง

ความรู้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักเรียนไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าองค์ความรู้ อย่างไรก็ตาม ครูจำนวนหนึ่ง แม้เป็นเพียงส่วนน้อย ยังแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยการมองว่า กระบวนการออกแบบเป็นขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว ซึ่งผู้ที่เก่งด้านการออกแบบมักรู้หรือทราบตั้งแต่เริ่มต้นว่า ชิ้นงานหรือนวัตกรรมควรมีลักษณะอย่างไร ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชุติมา วิชัยดิษฐ และชาตรี ฝ่ายคำตา (2560) ที่ว่า ไม่ใช่ทุกคนที่เข้าใจธรรมชาติของการออกแบบ โดยครูหลายคนยังไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างวิทยาศาสตร์กับวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเน้นการสืบเสาะและการออกแบบ ตามลำดับ (ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ, 2561)

การนำไปใช้

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ความพยายามก่อนหน้านี้โดยหน่วยงานต่าง ๆ เช่น สสวท. และ สพฐ. ประสบผลสำเร็จในแง่ของการสร้างความตระหนักเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาให้กับครู แต่ความสำเร็จด้านการส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ตลอดจนความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม ปรากฏชัดเจนน้อยกว่า ดังนั้น ความพยายามในอนาคตจึงควรมุ่งเน้น 2 ด้านนี้ให้มากขึ้น ทั้งนี้เพราะครูหลายคน แม้เห็นด้วยกับสะเต็มศึกษา แต่ก็มีความกังวลในระดับหนึ่ง เมื่อตนเองต้องจัดการเรียนการสอนตามแนวทางใหม่นี้ โดยนโยบายสะเต็มศึกษาได้ท้าทายให้ครูต้องออกจากพื้นที่ที่ตนเองคุ้นเคย (Comfort zone) ซึ่งการพัฒนาวิชาชีพครูเรื่องนี้จึงกลายเป็นสิ่งจำเป็น ในการนี้ Cunningham & Carlsen (2014) เสนอแนะว่า การพัฒนาวิชาชีพครูควรเน้นให้ครูได้ 1. มีส่วนร่วมและฝึกปฏิบัติการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2. เห็นต้นแบบของการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3. ได้สะท้อนคิดทั้งในฐานะผู้เรียนและผู้สอนจากการออกแบบเชิงวิศวกรรม 4. เห็นความแตกต่างและความเชื่อมโยงระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ และ 5. ตระหนักว่า การออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการทางสังคม การพัฒนาวิชาชีพครูที่เน้นสิ่งเหล่านี้ อาจช่วยคลายกังวลและสร้างความพร้อมให้กับครูมากขึ้นได้

เนื่องจากครูจำนวนหนึ่ง แม้เป็นเพียงส่วนน้อย เข้าใจว่า การออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่แน่นอนตายตัว การพัฒนาวิชาชีพครูด้านสะเต็มศึกษาจึงควรระวังการส่งเสริมความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้ โดยครูควรได้รับการเน้นย้ำว่า วัฏจักรการออกแบบเชิงวิศกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การระบุปัญหา 2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิด 3. การออกแบบวิธีแก้ปัญหา 4. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา และ 6. การนำเสนอวิธีการและผลการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557: 4) มีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อจำลองกระบวนการออกแบบให้คนทั่วไปเข้าใจได้ง่าย แต่นั่นไม่ได้หมายความว่า การออกแบบเชิงวิศวกรร มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัวเช่นนั้นเสมอไป ในการนี้ครูควรมีโอกาสให้พิจารณาแผนภาพที่จำลองกระบวนการออกแบบเชิงวิศกรรมอื่น ๆ (เช่น Fortus et al., 2004; Kolodner et al., 2003) ทั้งนี้เพื่ออภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับธรรมชาติที่แท้จริงของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความเข้าใจที่สมบูรณ์เกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะมีส่วนช่วยให้ครูจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้อย่างสอดคล้องกับวิศวกรจริง ๆ มากยิ่งขึ้น

เนื่องด้วยการวิจัยนี้มีครูผู้ให้ข้อมูลจำนวนจำกัดและไม่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง การนำผลการวิจัยนี้ไปอ้างอิงจึงควรเป็นไปด้วยความระมัดระวัง ทั้งนี้เพราะครูในบริบทอื่น ๆ อาจมีประสบการณ์ ความเข้าใจและมุมมองเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่แตกต่างไปจากครูในการวิจัยนี้ ดังนั้น การวิจัยในอนาคตควรศึกษาประเด็นนี้กับครูกลุ่มที่ใหญ่

และหลากหลายมากขึ้น ซึ่งจะให้ข้อมูลที่สนับสนุนหรือไม่สนับสนุนผลจากการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ เนื่องจากการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและมีหลายมิติ (Crismond & Adams, 2012) งานวิจัยในอนาคตจึงควรศึกษาความเข้าใจของครูเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ลึกซึ้งมากขึ้น โดยการใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่แตกต่างไปจากการวิจัยนี้ ไม่ว่าจะโดยการสัมภาษณ์ และ/ หรือการสังเกตในระหว่างที่ครูกำลังทำการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งจะให้ผลการวิจัยที่น่าสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Crismond, 2013) ผลการวิจัยเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้ครูมีความพร้อมในการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ชุติมา วิชัยดิษฐ์ และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2560). การสำรวจมุมมองการสอนสะเต็มศึกษาของนิสิตครูวิทยาศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, *11*(3), 165-174.

นวรัตน์ รามสูต และบัลลังก์ โรหิตเสถียร. (2559). *การศึกษาไทย 4.0 ในบริบทการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน*. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2559, จาก http://www.moe.go.th/websm/2016/aug/354.html

ประสบสุข หอมหวน และยุพิน กาญจนะศักดิ์ดา. (2552). ความต้องการและการขาดแคลนแรงงานด้านวิศวกรรมศาสตร์ในนิคมอุตสาหกรรมของประเทศไทย. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*, *29*(3), 67-83.

ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา ลดาชาติ. (2561). จากการรู้วิทยาศาสตร์และการสืบเสาะสู่สะเต็มศึกษาและการออกแบบ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20*(1), 246-260.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษา*. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2559, จาก http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/Intro-to-STEM.pdf

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17*(2), 201-207.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. (2558). *สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย*. สงขลา: นำศิลป์โฆษณา.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. (2559). *สะเต็มศึกษา: ปัญหาจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม*. สงขลา: นำศิลป์โฆษณา.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท.*, *42*(186), 3-5.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). *ร่างยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579)*. สืบค้นเมื่อ 3 เมษายน 2560, จาก http://www.nesdb.go.th/download/document/SAC/NS_Draftplan-Aug2017.pdf

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2557). *ก้าวข้ามวังวนกับดักรายได้ปานกลาง*. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2559, จาก http://www.nstda.or.th/news/19435-middle-income-trap

สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2559). *เอกสารวิชาการ: ประเทศไทย 4.0*. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2559,จาก http://library2.parliament.go.th/ejournal/content_af/2559/jul2559-5.pdf

สำนักพัฒนาครูและบุคลากรการศึกษา. (2559). *โครงการคูปองพัฒนาครู*. สืบค้นเมื่อ 9 ตุลาคม 2559, จาก http://teachercoupon.net/

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

Akerson, V. L., Burgess, A., Gerber, A., Guo, M., Khan, T. A., & Newman, S. (2018). Disentangling the Meaning of STEM: Implications for Science Education and Science Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, *29*(1), 1-8.

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, *70*(1), 30-35.

Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A., & Hughes, G. (2013). The Effects of a STEM Intervention on Elementary Students' Science Knowledge and Skills. *School Science and Mathematics*, *113*(5), 251-226.

Crismond, D. (2013). Design Practices and Misconceptions. *The Science Teacher*, *80*(1), 50-54.

Crismond, D. P. & Adams, R. S. (2012). The Informed Design Teaching and Learning Matrix. *Journal of Engineering Education*, *101*(4), 738-797.

Cunningham, C. M. & Carlsen, W. S. (2014). Teaching Engineering Practices. *Journal of Science Teacher Education*, *25*(2), 197-210.

English, L. D. (2016). STEM Education K-12: Perspectives on Integration. *International Journal of STEM Education*, *3*(3), DOI: 10.1186/s40594-016-0036-1.

Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-Based Science and Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(10), 1018-1110.

Kelly, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*, *3*(11), DOI: 10.1186/s40594-016-0046-z.

Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, C. D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2003). Problem-Based Learning Meets Case-Based Reasoning in the Middle-School Science Classroom: Putting Learning by Design™ into Practice. *The Journal of the Learning Sciences*, *12*(4), 495-547.

Mosborg, S., Adams, R., Kim, R., Atman, C. J., Turns, J., & Cardella, M. (2005). Conceptions of the Engineering Design Process: An Expert Study of Advanced Practicing Professionals. *Paper Presented at the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. Retrieved on December 12, 2016 from https://peer.asee.org/14999.

Nadelson, L. S., Callahan, J., Pyke, P., Hay, A., Dance, M., & Pfiester, J. (2013). Teacher STEM Perception and Preparation: Inquiry-Based STEM Professional Development for Elementary Teachers. *The Journal of Educational Research*, *106*(2), 157-168.

Morgan, G. A., Leech, N. L., Gloeckner, G. W., and Barrett, K. C. (2013). *IBM SPSS for Introductory Statistics: Use and Interpretation*. (Fifth Edition). New York: Routledge.

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, by States*. Washington D.C., National Academy of Sciences.

Peter-Burton, E. E. (2014). Is There a "Nature of STEM"?. *School Science and Mathematics*, *114*(3), 99-101.

Thammaprateep, J. & Chartisathian, C. (2018). STEM Collaborative Teacher Professional Development: Preschool Teachers' Understanding and Teaching Practices. *Journal of Rangsit University: Teaching & Learning*, *12*(1), 82-95.

Vars, G. F. (1991). Integrated Curriculum in Historical Perspective. *Educational Leadership*, *49*(2), 14-15.

Vasquez, J. A. (2015). STEM: Beyond the Acronym. *Educational Leadership*, *72*(4), 10-15.