

ความเข้าใจและมุมมองของครูเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ลือชา ลดาชาติ¹ วิลาวลัย โพธิ์ทอง²
วิไลภรณ์ ฤทธิคุปต์³ และ ลฎาภา ลดาชาติ⁴

บทคัดย่อ

สะเต็มศึกษาเป็นนโยบายทางการศึกษาใหม่ที่รองรับการพัฒนาในระดับชาติด้วยนวัตกรรม ซึ่งครูมีบทบาทสำคัญยิ่งในการขับเคลื่อนนโยบายนี้ แต่กระนั้น งานวิจัยที่ศึกษาความเข้าใจและมุมมองของครูเกี่ยวกับสะเต็มศึกษายังคงมีจำกัด การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่า ครูมีความเข้าใจและมุมมองเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาอย่างไร ผู้ให้ข้อมูลคือครู 22 คน ที่สมัครเข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการ ในการนี้ ครูแต่ละคนทำแบบสอบถาม ซึ่งมีทั้งแบบปลายเปิดและแบบมาตราส่วนประมาณค่า ผลการวิจัยแสดงว่า ครูทุกคนเห็นด้วยกับนโยบายสะเต็มศึกษา แต่ครูบางส่วนขาดความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ทั้งในแง่นิยาม เป้าหมาย และแนวทางการจัดการเรียนการสอน ซึ่งไม่ได้เน้นการสร้างนวัตกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นอกจากนี้ ครูจำนวนหนึ่ง แม้เป็นเพียงส่วนน้อย มองการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่าเป็นกระบวนการที่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว และผลลัพธ์ของการออกแบบมีได้เพียงหนึ่งเดียว ในการนี้ สิ่งที่ครูส่วนใหญ่กังวลมากที่สุดคือความรู้และความสามารถของตนเองในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในชั้นเรียน ดังนั้น การพัฒนาวิชาชีพควรส่งเสริมให้ครูได้เรียนรู้และคุ้นเคยกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นหัวใจหลักของสะเต็มศึกษา

คำสำคัญ : 1. การออกแบบเชิงวิศวกรรม 2. ครูประจำการ 3. สะเต็มศึกษา

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา อีเมล : ladachart@gmail.com
โทร : 05 446 6666

² อาจารย์ ดร. สาขาเทคโนโลยีการศึกษา วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา อีเมล : g5884wilawanph@kurupatana.ac.th
โทร : 05 446 6666

³ อาจารย์ ดร. สาขาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา อีเมล : wilaipron.ri@gmail.com โทร : 05 446 6666

⁴ อาจารย์ ดร. สาขาหลักสูตร การสอน และการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อีเมล : ladapa23@gmail.com
โทร : 05 394 4272

Teachers' understandings and views about STEM education and engineering design

**Luecha Ladachart⁵, Wilawan Phothong⁶,
Wilaiporn Rittikoop⁷ and Ladapa Ladachart⁸**

Abstract

STEM education becomes a new educational policy that supports a national development using innovation by which teachers play a significant role in moving this policy forward. However, previous research investigating how teachers understand and view about STEM education are limited. This research aims at exploring teachers' understanding and views about STEM Education. The informants included 22 teachers who registered to engage in a workshop. They individually completed questionnaires, which consisted of both open-ended and rating scale formats. The research showed that all teachers agreed with STEM education policy, but some of them lacked understanding in STEM education regarding its definition, goal, and approach to teaching and learning, which did not focus on engineering design process. Moreover, a small number of teachers viewed engineering design as a fixed pattern process that can result in only in a single kind of product. Teachers expressed their most concerns over their own knowledge level and capability in order to implement this STEM education in classrooms. Thus, a professional development should facilitate teachers to learn and familiarize the engineering design process, which is the key of STEM education.

Keywords: 1. Engineering design 2. STEM education 3. In-service teachers

⁵ Assistant Professor, Department of Curriculum and Instruction, School of Education, University of Phayao, Phayao, Thailand.
Email address: ladachart@gmail.com Tel: 05 446 6666

⁶ Lecturer, Department of Educational Technology, School of Education, University of Phayao, Phayao, Thailand.
Email address : g5884wilawanph@kurupatana.ac.th Tel: 05 446 6666

⁷ Lecturer, Department of Curriculum and Instruction, School of Education, University of Phayao, Phayao, Thailand.
Email address: wilaipron.ri@gmail.com Tel: 05 446 6666

⁸ Lecturer, Department of Curriculum, Teaching, and Learning, Faculty of Education, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand.
Email address: ladapa23@gmail.com Tel: 05 394 4272

บทนำ

ตามที่รัฐบาลได้ประกาศนโยบายประเทศไทย 4.0 (The Secretariat of the House of Representatives, 2016: 2) ซึ่งมุ่งเน้น “การปฏิรูปโครงสร้างทางเศรษฐกิจที่เน้นการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยี” แทนการผลิตและส่งออกสินค้าโภคภัณฑ์ดังเช่นในอดีต ทั้งนี้เพื่อขับเคลื่อนประเทศให้ก้าวพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง (National Science and Technology Development Agency, 2014) ประเทศไทยจึงต้องการทรัพยากรบุคคลจำนวนมากที่สามารถผลิตนวัตกรรมได้ แต่กระนั้นก็ตาม รายงานวิจัยของ Homhol & Kanjanasakda (2009: 80) เปิดเผยว่า ประเทศไทยยังขาดบุคลากร “ระดับมัธยมศึกษาที่สามารถประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือ/อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นตราสัญลักษณ์ของตนเองได้” ด้วยเหตุนี้ ยุทธศาสตร์หนึ่งในร่างยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี 2560 - 2579 คือ “การปฏิรูปการเรียนรู้แบบพลิกโฉม ...โดย (การ) ออกแบบการเรียนรู้ในทุกระดับชั้น...ที่มุ่งเน้นการใช้ฐานความรู้และระบบคิดใน 5 ศาสตร์สำคัญ” (Office of the National Economic and Social Development Board, 2017: 90) ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์

ในการตอบสนองต่อนโยบายระดับชาติข้างต้น กระทรวงศึกษาธิการจึงมีนโยบายส่งเสริมการพัฒนาการเรียนด้านการสร้างนวัตกรรม (Ramasuta & Rohitsstean, 2016) โดยสะเต็มศึกษา (STEM education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาหนึ่งที่มุ่งปูพื้นฐานให้นักเรียนมีความสามารถด้านการสร้างนวัตกรรม (Cotabish et al., 2013; Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014) คำว่าสะเต็ม (STEM) มาจากอักษรตัวแรกของ 4 สาขาวิชาที่เป็นพื้นฐานในการสร้างนวัตกรรม ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) (Chanprasert, 2014) สะเต็มศึกษาจึงเป็นการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการ 4 สาขาวิชาเหล่านี้ (Kijkuakul, 2015) ซึ่งมีการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็น “หัวใจหลักของการเรียนรู้” (Prasertsan, 2016: preface) โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้และประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีที่แก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ (Kelly & Knowles, 2016)

เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นเรื่องใหม่ หลายฝ่ายจึงอาจมีความเข้าใจต่อสะเต็มศึกษาแตกต่างกันไป (Bybee, 2010; English, 2016; Prasertsan, 2015) และความเข้าใจที่ต่างกันนี้ก็อาจสร้างความสับสนและความกังวลให้กับครูได้เช่นกัน (Nadelson et al., 2013) ในขณะที่ครูมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาให้ประสบความสำเร็จ แต่ด้วยความใหม่ของเรื่องนี้ งานวิจัยที่ศึกษามุมมองและความเข้าใจของครูไทยเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาจึงยังคงมีจำนวนน้อย โดยในจำนวนนี้ งานวิจัยของ Vichaidit & Faikhamta (2017: 168-169) เปิดเผยว่า “นิสิตครูวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 33.33 จากทั้งหมด 24 คน) ไม่ได้มองว่า วิทยาศาสตร์คือกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ ... (หากแต่) มองเฉพาะส่วนที่เป็นตัวความรู้” ซึ่งกลายเป็นข้อจำกัดสำคัญ ทั้งนี้เพราะกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องและมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (NGSS Lead States, 2013) ในงานวิจัยเดียวกันนี้ แม้นิสิตครูเข้าใจว่า วิศวกรรมศาสตร์คือการออกแบบชิ้นงานหรือนวัตกรรม แต่ก็ “ไม่ได้กล่าวอย่างครอบคลุมถึงการออกแบบ การวางแผน การแก้ปัญหา การใช้ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ... เพื่อ...ตอบสนองความต้องการ”

ในขณะที่งานวิจัยของ Vichaidit & Faikhamta (2017) ให้ข้อมูลที่น่าสนใจเกี่ยวกับนิสิตครู แต่งานวิจัยกับครูประจำการที่ปฏิบัติการสอนในโรงเรียนยังไม่มีปรากฏมากนัก โดยในจำนวนนี้ งานวิจัยของ Khumwong et al. (2017) ได้ศึกษาการรับรู้ความสามารถของตนเองในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

กับครูประจำการระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 3 คน ซึ่งแม้ผลการวิจัยเปิดเผยว่า ครูเหล่านี้มีการรับรู้ต่อความสามารถของตนเองที่ดีขึ้นหลังจากการอบรมเชิงปฏิบัติการ แต่ด้วยจำนวนครูที่น้อย ผลการวิจัยจึงมีข้อจำกัดในการอ้างอิงกับครูกลุ่มอื่น การวิจัยกับครูจำนวนมากขึ้นและมีภูมิหลังที่หลากหลายมากขึ้นไปจึงเป็นสิ่งจำเป็น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่า ครูระดับประถมศึกษาที่มีความเข้าใจและมุมมองเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างไร โดยคณะผู้วิจัยมุ่งตอบคำถามวิจัย 3 ข้อ ดังนี้

1. ครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาอย่างไร
2. ครูมีมุมมองต่อสะเต็มศึกษาอย่างไร
3. ครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างไร

ผลการวิจัยนี้จะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวกับการผลิตและพัฒนาครู อาทิ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และมหาวิทยาลัยต่าง ๆ สำหรับการส่งเสริมให้ครูและนิสิตครูมีมุมมองและความเข้าใจที่เหมาะสมเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมต่อไป

กรอบแนวคิด

เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นเรื่องใหม่ในบริบทไทย สะเต็มศึกษาจึงได้รับการนิยามที่แตกต่างกันไป ลักษณะสำคัญประการหนึ่งของสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นที่รับรู้กันโดยทั่วไปคือว่า สะเต็มศึกษาคือการบูรณาการ 4 ศาสตร์สำคัญ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Vasquez, 2015) ทั้งนี้เพื่อสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการบูรณาการสาขาวิชาต่าง ๆ ไม่ใช่เรื่องใหม่ทางการศึกษา (Vars, 1991) การบูรณาการจึงอาจไม่ใช่ลักษณะที่ทำให้สะเต็มศึกษาแตกต่างไปจากแนวทางการจัดการศึกษาที่มีอยู่เดิม ในกรณีนี้ Prasertsan (2016) เสนอว่า สะเต็มศึกษาต้องมีการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นหัวใจหลักของการเรียนรู้ ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีกรอบแนวคิดที่ว่า สะเต็มศึกษาคือแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการ 4 ศาสตร์สำคัญ ซึ่งมีการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นแกนกลาง สะเต็มศึกษาจึงควรเน้นการเรียนรู้โดยการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างและใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ตลอดจนการใช้และสร้างเทคโนโลยี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับบริบท ผู้ให้ข้อมูล เครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. บริบท

การวิจัยนี้เป็นกิจกรรมหนึ่งในโครงการคูปองพัฒนาครู (Teacher and Basic Education Personnel Development Bureau, 2016) ประจำปีงบประมาณ 2560 โดยครูแต่ละคนได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก สพฐ. ซึ่งเป็นหน่วยงานต้นสังกัด เพื่อเลือกลงทะเบียนและสมัครเข้ารับการอบรมตามความสนใจในหลักสูตรต่าง ๆ ในครั้งนี้ วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา เป็นหน่วยงานหนึ่งที่ได้พัฒนาและเสนอหลักสูตรการอบรมเชิงปฏิบัติการที่มีชื่อว่า “การเรียนรู้โดยการออกแบบ: สะเต็มศึกษา” สำหรับครูที่สนใจ การอบรมเชิงปฏิบัติการมุ่งเน้นให้ครูได้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (เช่น แรงลอยตัว) และแนวคิดคณิตศาสตร์ (เช่น

พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปทรง) ผ่านการออกแบบทางวิศวกรรม (Ladachart & Ladachart, 2018) โดยครูจะได้ฝึกออกแบบชิ้นงาน (เช่น ภาชนะ และพาหนะ) เพื่อให้ตอบโจทย์ปัญหาที่ทำทลายภายใต้เงื่อนไขที่จำกัด (Kolodner et al., 2003) การอบรมเชิงปฏิบัติการมีขึ้นในช่วง 19 - 20 สิงหาคม 2560 ณ โรงแรมแห่งหนึ่งในจังหวัดพะเยา โดยคณะผู้วิจัยเป็นวิทยากร

2. ผู้ให้ข้อมูล

จากครูทั้งหมด 26 คน ที่เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการ ครู 22 คน (ชาย 3 คน และหญิง 19 คน) ยินดีให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ครูกลุ่มนี้มีอายุในช่วง 21 - 30 ปี 4 คน (18.2%) ช่วง 31 - 40 ปี 9 คน (40.9%) ช่วง 41 - 50 ปี 7 คน (31.8%) และช่วง 51 - 60 ปี 2 คน (9.1%) โดยครู 8 คน (36.4%) ดำรงตำแหน่งครูผู้ช่วย หรือครูระดับปฏิบัติการ ในขณะที่ครู 6 คน (27.3%) ดำรงตำแหน่งครูชำนาญการ ส่วนครูอีก 8 คน (36.4%) ดำรงตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ ครูส่วนใหญ่ (11 คน หรือ 50%) มีภูมิลำเนาทางการศึกษาเป็นวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ครูส่วนน้อยมีภูมิลำเนาเป็นคณิตศาสตร์ (3 คน หรือ 13.6%) เทคโนโลยี (1 คน หรือ 4.5%) และ วิศวกรรมศาสตร์ (1 คน หรือ 4.5%) ส่วนครูอีก 6 คน (27.3%) มีภูมิลำเนาที่ไม่เกี่ยวข้องกับ 4 ศาสตร์นี้ หรือไม่ระบุภูมิลำเนาทางการศึกษา ครูส่วนใหญ่ (11 คน หรือ 50%) มาจากโรงเรียนในระดับประถมศึกษา ในขณะที่ครู 6 คน (27.3%) มาจากโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา ส่วนครู 4 คน (18.2%) มาจากโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา และครูอีก 1 คน (4.5%) ไม่ได้ให้ข้อมูลส่วนนี้ ครูทั้งหมดเคยได้ยื่นคำร้องขอสอบเข้ามาก่อนหน้านี้ ทั้งจากหน่วยงานและ/หรือสื่อต่าง ๆ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คณะผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบถาม 2 ชุด สำหรับการวิจัยครั้งนี้

แบบสอบถามชุดที่ 1 ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1. ภูมิลำเนา 2. ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และ 3. มุมมองต่อสะเต็มศึกษา โดยคำถามในส่วนที่ 2 (ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา) คณะผู้วิจัยกำหนดให้ครูเขียนบรรยายตามความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับ 1. นิยามของสะเต็มศึกษา 2. เป้าหมายของสะเต็มศึกษา และ 3. การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา และคำถามในส่วนที่ 3 (มุมมองต่อสะเต็มศึกษา) คณะผู้วิจัยกำหนดให้ครูประเมินตนเองว่า 1. เห็นด้วยกับนโยบายสะเต็มศึกษาในระดับใด 2. มีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาในระดับใด และ 3. มีความกังวลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาในระดับใด โดยคำถามทั้ง 3 ข้อนี้ อยู่ในรูปแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด)

แบบสอบถามชุดที่ 2 เป็นการสอบถามเกี่ยวกับความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งคณะผู้วิจัยแปลมาจากแบบสอบถามในงานวิจัยของ Mosborg et al. (2005) แบบสอบถามชุดนี้อยู่ในรูปแบบของมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ซึ่งครูต้องแสดงระดับความเห็นด้วยต่อข้อความเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 20 ข้อความ โดยผู้วิจัยคนที่ 1 ได้แปลข้อความจากภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทย และให้ผู้วิจัยคนที่ 2 - 4 ตรวจสอบการใช้ภาษาและความหมายของข้อความ เมื่อครูทำแบบสอบถามแล้ว คณะผู้วิจัยจึงทำการตรวจสอบความเชื่อมั่นโดยการหาค่า Cronbach's alpha ซึ่งได้เท่ากับ 0.631 โดยค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานนี้อาจเป็นผลมาจากการแปลข้อความเป็นภาษาไทย ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงทบทวนข้อความอีกครั้ง และตัดข้อความออกไป 2 ข้อความ (12 และ 13) จากนั้น คณะผู้วิจัยทำการหาค่าอีกครั้ง ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 0.702 ตามเกณฑ์มาตรฐานของการยอมรับได้ (Morgan et al., 2013: 129) (รายละเอียดของข้อความปรากฏในส่วนของผลการวิจัย)

4. วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

ด้วยเครื่องมือวิจัยข้างต้น คณะผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการอบรมเชิงปฏิบัติการจะเริ่มขึ้น หลังจากที่ได้ ครูลงทะเบียนเสร็จ คณะผู้วิจัยแจกแบบสอบถามทั้ง 2 ชุดให้ครูแต่ละคนทำ โดยครูสามารถเลือกทำชุดใดก่อนก็ได้ ในการนี้ คณะผู้วิจัยไม่ได้กำหนดให้ครูเขียนชื่อหรือแสดงตัวตนลงในแบบสอบถามทั้ง 2 ชุด ทั้งนี้เพื่อให้ครูรู้สึกสะดวกใจในการแสดงความเข้าใจและมุมมองของตนเองอย่างอิสระ ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงไม่สามารถจับคู่และเชื่อมโยงแบบสอบถาม 2 ชุดที่ครูคนเดียวกันทำได้ ซึ่งกลายเป็นข้อจำกัดในการวิเคราะห์เพื่อสร้างความสัมพันธ์ใด ๆ จากข้อมูลในแบบสอบถามทั้ง 2 ชุด ในการนี้ ครูส่วนใหญ่ใช้เวลาประมาณ 45 นาทีในการทำแบบสอบถามทั้ง 2 ชุด แต่ครูส่วนน้อย (2 - 3 คน) ไม่สามารถทำแบบสอบถามเสร็จทันตามครูส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพราะการเดินทางมายังสถานที่การจัดอบรมที่ล่าช้า คณะผู้วิจัยจึงขยายเวลาครูเหล่านี้ส่งคืนแบบสอบถามในช่วงเวลาพักรับประทานอาหารว่าง

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลในการวิจัยนี้มี 2 ประเภท ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ การวิเคราะห์ข้อมูลจึงขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูล ในส่วนของข้อมูลเชิงปริมาณจากข้อคำถามที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า คณะผู้วิจัยใช้สถิติเชิงบรรยายในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และในส่วนของข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อคำถามปลายเปิด คณะผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาในการวิเคราะห์ข้อมูล ในการนี้ ผู้วิจัยคนที่ 1 เป็นผู้วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โดยการอ่านคำตอบของครูแต่ละคนต่อข้อคำถามแต่ละข้ออย่างละเอียด จากนั้น ผู้วิจัยคนที่ 1 ทำการจัดคำตอบของครูออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามความหมายที่เหมือนหรือคล้ายกัน เมื่อกลุ่มข้อมูลเริ่มอึดตัวแล้ว ผู้วิจัยจึงส่งผลการวิเคราะห์เบื้องต้นให้กับคณะผู้วิจัยทั้ง 3 คน ตรวจสอบอีกครั้ง ทั้งนี้เพื่ออภิปรายความคลาดเคลื่อนหรืออคติที่เกิดขึ้นในการตีความหมายข้อมูลร่วมกัน ซึ่งนำไปสู่การยืนยันผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัย

คณะผู้วิจัยรายงานผลการวิจัยตามคำถามวิจัยที่ละข้อ โดยคณะผู้วิจัยใช้ตัว T ตามด้วยตัวเลข (เช่น T1, T2, ..., และ T22) เพื่ออ้างอิงถึงครูแต่ละคน ผลการวิจัยมีดังต่อไปนี้

ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา

นิยาม

แม้ครูทุกคนระบุว่า ตนเองเคยได้ยินคำว่าสะเต็มศึกษามาก่อนหน้านี้ แต่ครู 8 คน (36.4%) ให้นิยามคำนี้อย่างผิวเผิน โดยครูกลุ่มนี้ไม่ได้มีการระบุถึงการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หากแต่มองว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เป็นขั้นเป็นตอน เน้นการแก้ปัญหาและ/หรือใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

T13: วิธีการสอนวิธีหนึ่ง ซึ่งส่งเสริมระบบการเรียนรู้ให้เป็นขั้นตอน (และ) ใช้ความคิดของผู้เรียนแก้ปัญหา

T19: การสอนโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

T22: การศึกษาค้นคว้าโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบของคำถามที่ต้องการ ในการนี้ ครูบางคนอาจกล่าวเป็นนัยถึงการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการ แต่ไม่ได้ระบุสาขาวิชาในการบูรณาการนั้น ดังคำตอบที่ว่า “การเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้ออกแบบการเรียนรู้ นำเอาความรู้หลาย ๆ สาขามาผสม

ผลงาน ออกแบบทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน” (T16) คำนิยามเหล่านี้จึงไม่ได้สร้างความแตกต่างไปจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบต่าง ๆ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยการสืบเสาะ การจัดการเรียนรู้ที่มีปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการ ซึ่งได้รับการส่งเสริมมาก่อนหน้านี้

ในขณะที่ครู 9 คน (40.9%) เข้าใจว่า สะเต็มศึกษาคือการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการ 4 สาขา โดยครูกลุ่มนี้มีมุมมองถึงตัวย่อของคำว่าสะเต็ม (STEM) ซึ่งบ่งชี้ถึงศาสตร์แต่ละสาขา ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

T3: แนวทางการจัดการศึกษาโดยบูรณาการความรู้ 4 ด้าน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

T20: (STEM) สะเต็มศึกษามาจากคำว่า S-Science, T-Technology, E-Engineering, M-Mathematics

T15: การศึกษาที่จัดการเรียนการสอนบูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

อย่างไรก็ตาม ครูคนหนึ่งในกลุ่มนี้มีความจำที่คลาดเคลื่อนว่า E ใน STEM หมายถึงภาษาอังกฤษ (English) ดังคำตอบที่ว่า “การศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ภาษาอังกฤษ และคณิตศาสตร์” (T10)

ครู 5 คน (22.7%) ให้นิยามของคำว่าสะเต็มศึกษาที่สมบูรณ์มากขึ้น โดยการระบุถึงการออกแบบเชิงวิศวกรรมและ/หรือการสร้างสรรคชิ้นงานหรือนวัตกรรม นอกเหนือจากการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

T2: การสร้างสรรค์ผลงานด้วยการบูรณาการ 4 สาขาวิชาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) ออกแบบวิศวกรรม (E) และคณิตศาสตร์ (M)

T9: การเรียนรู้แนวใหม่ที่นำองค์ความรู้ของ 4 สาขาวิชา นั่นคือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม มาออกแบบนวัตกรรมเชิงวิศวกรรม

T12: การบูรณาการการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมขึ้นมาช่วยแก้ปัญหา

ครูกลุ่มหลังสุดนี้จึงมีแนวโน้มที่จะเข้าใจว่า การออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นหัวใจหลักของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Prasertsan, 2016) ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้จากหลายศาสตร์ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรมสำหรับการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์

เป้าหมาย

ด้วยครูหลายคนไม่ได้ระบุถึงการออกแบบเชิงวิศวกรรมในฐานะหัวใจหลักของสะเต็มศึกษา ครูส่วนใหญ่ (14 คน หรือ 63.6%) จึงมองเป้าหมายของสะเต็มศึกษาอย่างผิวเผิน โดยปราศจากการระบุถึงการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ครูเหล่านี้ระบุเพียงว่า สะเต็มศึกษาจะช่วยพัฒนานักเรียนในมิติต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นความรู้ กระบวนการคิด การแก้ปัญหา หรือคำตอบที่นักเรียนสงสัย ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

T3: เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยอาศัยความรู้จาก 4 วิชาที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

T6: ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ สมเหตุสมผล

T7: ให้นักเรียนได้คิดหาคำตอบโดยการแก้ปัญหาที่อยากรู้ โดยลงมือปฏิบัติ โดยนำความรู้ทางด้าน
วิทย์, คณิต, เทคโนโลยี, และวิศวกรรม มาค้นคว้าหาคำตอบ

T18: ใช้ความรู้ที่ได้ประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และอาศัยทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอน

คำตอบเหล่านี้ แม้มีส่วนถูก แต่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับเป้าหมายที่แท้จริงของสะเต็มศึกษา ซึ่งแตกต่าง
ไปจากเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางอื่น ๆ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยการสืบเสาะ การ
จัดการเรียนรู้ที่มีปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการ

ครู 8 คน (36.4%) เข้าใจเป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา โดยการระบุถึงการส่งเสริมให้นักเรียนมีความ
สามารถในการสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ดังตัวอย่าง
คำตอบที่ว่า

T9: การเรียนรู้เชิงปฏิบัติการโดยนำ S, T, E, M มาสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ

T15: ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ
คณิตศาสตร์ และสามารถนำมาพัฒนานวัตกรรมเพื่อพัฒนาหรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

T17: เพื่อให้นักเรียนสามารถออกแบบ/สร้างนวัตกรรมต่าง ๆ ตามความสนใจของตนเอง

T21: การที่ครูและผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ ค้นพบวิธีการ กระบวนการ/นวัตกรรมใหม่ ๆ โดย
อาศัยการบูรณาการ STEM ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

คำตอบเหล่านี้เน้นย้ำสิ่งที่นโยบายด้านสะเต็มศึกษาคาดหวังต่อครูและนักเรียนในการจัดการเรียน
การสอน ซึ่งก็คือการพัฒนากำลังคนที่มีความสามารถด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรม

การจัดการเรียนการสอน

ด้วยความเข้าใจเป้าหมายของสะเต็มศึกษาอย่างผิวเผิน ครู 12 คน (54.5%) มองการจัดการเรียนการสอน
ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในลักษณะที่ไม่แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนรูปแบบอื่น ๆ เช่น การจัดการ
เรียนรู้โดยการสืบเสาะ การจัดการเรียนรู้ที่มีปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการ ครูกลุ่มนี้
มักเน้นการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือสืบเสาะหาความรู้ แต่กลับละเลยหัวใจหลักของสะเต็มศึกษา ซึ่งก็คือ
การให้นักเรียนได้สร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า

T1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์สร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยแนวคิดวิศวกรรม เทคโนโลยี และ
คณิตศาสตร์ให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนได้ด้วยตนเองอย่างสร้างสรรค์

T7: เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่บูรณาการข้ามสาระ 4 สาระ กิจกรรมการสอนโดยให้นักเรียน
ได้ลงมือปฏิบัติจริง

T22: เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ให้ความสำคัญกับการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยการใช้หลักการ
และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในขณะที่ครูอีก 4 คน (18.2%) แม้ตระหนักดีว่า สะเต็มศึกษามุ่งเน้นให้นักเรียนได้สร้างชิ้นงานหรือ
นวัตกรรมที่แก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ แต่กระนั้นก็ตาม ครูกลุ่มนี้กลับละเลยว่าการ
สร้างนวัตกรรมต้องอาศัยการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า

T12: การร่วมออกแบบการจัดการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างครูสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เพื่อให้
นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา หรือสร้างนวัตกรรมขึ้นมา

T15: การจัดการเรียนการสอนบูรณาการรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน พัฒนาระบบการหรือผลผลิตใหม่ เพื่อเป็นประโยชน์ในการดำรงชีวิต

ครู 5 คน (22.7%) เข้าใจดีว่า การออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นแนวทางสำคัญของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า

T9: สอนตามปกติ แต่เน้นให้นักเรียนได้คิดออกแบบนวัตกรรม หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ โดยนำองค์ความรู้ของ S, T, E, M มาใช้ในการออกแบบ

T21: การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการ STEM เข้ามาใช้ในการเรียนการสอนโดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

มุมมองต่อสะเต็มศึกษา

แม้ครูหลายคนขาดความเข้าใจที่สมบูรณ์เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา แต่ครูทุกคนแสดงมุมมองเชิงบวกต่อนโยบายสะเต็มศึกษา โดยครู 13 คน (59.1%) และ 9 คน (40.9%) ระบุว่าตนเอง “เห็นด้วย” และ “เห็นด้วยอย่างยิ่ง” ตามลำดับ ในการนี้ ครูแต่ละคนอาจสังเกตเห็นศักยภาพของสะเต็มศึกษาในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยเหตุผลส่วนใหญ่คือการพัฒนาให้นักเรียนด้านพุทธิพิสัย อาทิ ความรู้ การคิด การประยุกต์ใช้ความรู้ การเชื่อมโยงความรู้ การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า

T2: เพราะเป็นการให้นักเรียนได้ฝึกคิดและเกิดองค์ความรู้ผ่านการปฏิบัติ

T12: นักเรียนจะได้ทราบถึงการนำองค์ความรู้ไปใช้และสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างกลุ่มสาระอื่น ๆ ได้

T17: เป็นการจัดกิจกรรมที่ส่งผลให้นักเรียนได้คิดเป็นทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น และได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริง

เหตุผลรองลงมาก็คือการพัฒนาด้านทักษะ และการพัฒนาด้านเจตคติ อาทิ ความกระตือรือร้น (T4) ความตระหนักถึงคุณค่าของการเรียน (T15) และความไม่ใฝ่เรียนรู้อื่น (T21) อย่างไรก็ตาม เหตุผลส่วนใหญ่เกี่ยวกับด้านทักษะไม่ได้มีการเจาะจงประเภทของทักษะอย่างชัดเจน ยกเว้นเหตุผลเดียวที่ระบุถึงทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม (T10) นอกจากนี้ ครู 4 คน (18.2%) อ้างถึงศักยภาพของสะเต็มศึกษาในบริบทที่กว้างขึ้น โดยการระบุถึงการสนองนโยบายของชาติและการส่งเสริมการผลิตนวัตกรรมในอนาคต

แม้ครูทุกคนเห็นศักยภาพของสะเต็มศึกษาในการพัฒนาเด็กเรียน แต่ไม่ใช่ครูทุกคนที่แสดงความพร้อมต่อนโยบายการศึกษานี้ โดยครูเพียง 2 คน (9.1%) ระบุความพร้อมของตนเองในระดับมาก ในขณะที่ครู 15 คน (68.2%) ระบุความพร้อมในระดับปานกลาง ส่วนครูอีก 5 คน (22.7%) ระบุความพร้อมในระดับน้อยหรือน้อยที่สุด โดยเหตุผลส่วนใหญ่คือตัวครูเองที่ตระหนักว่า ตนเองยังขาดความรู้ ประสบการณ์ เทคนิค และความชำนาญในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

T10: ความรู้ในเรื่องสะเต็มศึกษายังมีน้อย และต้องศึกษาให้เข้าใจ ก่อนที่จะนำไปสอนนักเรียน

T16: ยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำเทคนิคการจัดการเรียนการสอนมาใช้ในชั้นเรียน

T20: ยังขาดประสบการณ์และยังมีความชำนาญในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทาง STEM น้อย

เหตุผลรองลงมาก็คือความพร้อมด้านบริบทของโรงเรียน ไม่ว่าจะเป็นสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ เวลา และงบประมาณ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ด้านเวลา เนื่องจากมีกิจกรรมมาก ทำให้เมื่อใช้เวลาจัดการเรียนการสอนตามแนวทาง

สะเต็ม ต้องใช้เวลามาก นักเรียนใช้เวลาทำกิจกรรมนาน ด้านงบประมาณในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ใช้สื่ออุปกรณ์มาก ซึ่งครูต้องเตรียมให้ทั้งหมด” (T8) เหตุผลที่ปรากฏน้อยที่สุดคือความพร้อมของนักเรียน ซึ่งเป็นเหตุผลที่มาจากครูคนหนึ่งที่ปฏิบัติการสอนนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษ โดยครูคนนั้นระบุว่า “การศึกษาพิเศษต้องใช้กระบวนการเรียนรู้และการสอนเป็นรายบุคคล ความแตกต่างระหว่างบุคคล และข้อจำกัดที่มีของแต่ละบุคคล ทำให้อาจไม่ครบทั้ง 4 วิชาได้” (T6)

ด้วยเหตุนี้ ครูส่วนใหญ่จึงมีความกังวลในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยครู 13 คน (59.1%) แสดงความกังวลระดับปานกลาง ครู 6 คน (27.3%) มีความกังวลระดับมากหรือมากที่สุด และครู 3 คน (13.6%) กังวลระดับน้อยหรือน้อยที่สุด โดยสาเหตุของความกังวลส่วนใหญ่คือความรู้และความสามารถของตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนเป็นสาเหตุของความกังวลที่รองลงมา โดยครูที่กังวลเกี่ยวกับผู้เรียนให้เหตุผลว่าสะเต็มศึกษาอาจไม่เหมาะกับนักเรียนทุกกลุ่ม (T1) หรือไม่ตอบสนองความคาดหวังของผู้ปกครองของนักเรียน (T6) รวมทั้งนักเรียนอาจยังไม่มีความพร้อมเพียงพอกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางใหม่นี้ (T11) ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

T1: เนื้อหาที่สอนกับรูปแบบกิจกรรม STEM และระดับการเรียนรู้ของนักเรียน STEM ไม่สามารถใช้ได้กับเด็กทุกกลุ่ม เพราะทักษะในการเกิดการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนต่างกัน อาจทำให้เกิดการเรียนรู้เพียงแคบบางกลุ่ม (เด็กพิเศษ/เด็กเรียนรู้ช้า อาจใช้ไม่ได้ผล)

T6: ความแตกต่างของผู้เรียนที่จะรับการเรียนรู้...ผลที่คาดหวังของครอบครัวผู้เรียนและตัวผู้เรียนเอง

T11: ความพร้อมของนักเรียน พื้นฐานความรู้ของนักเรียน (ยังไม่เพียงพอ)

ส่วนสาเหตุอื่น ๆ ประกอบด้วยความพร้อมของสื่อ เวลาในการจัดการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลแบบเดิม และการสนับสนุนของผู้บริหาร

ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม

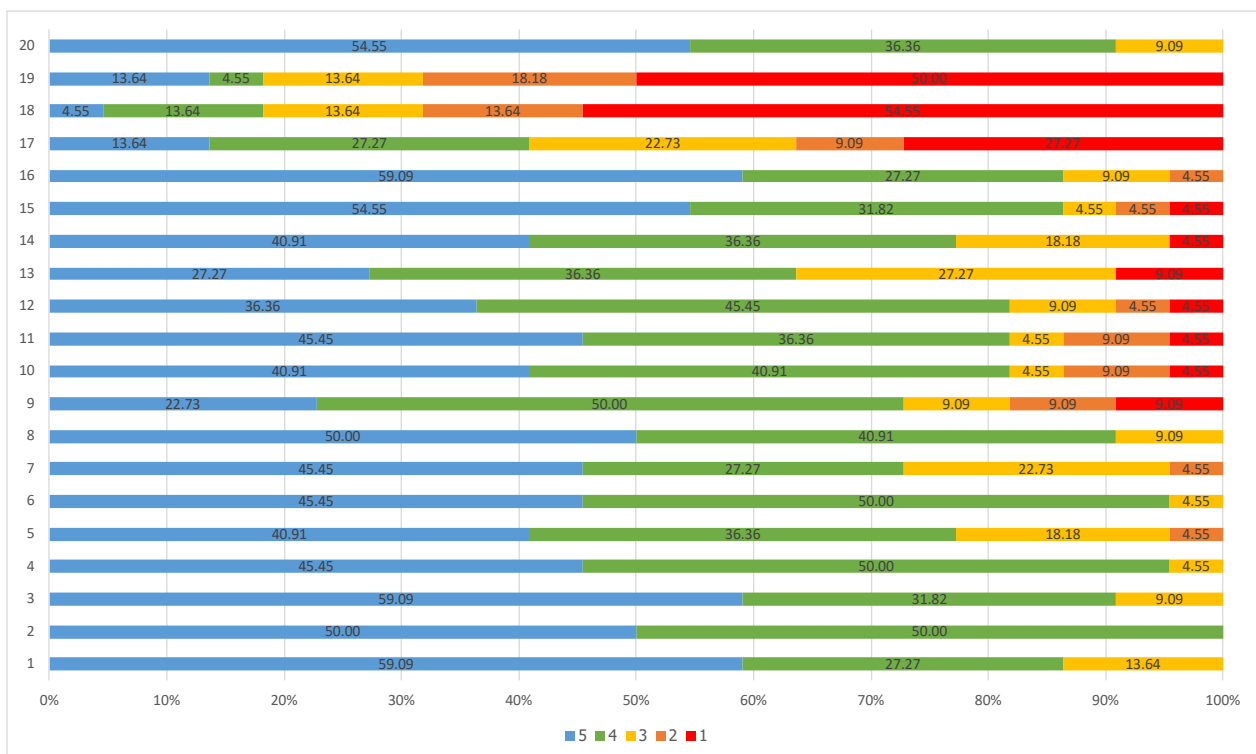
จากการหาคำความถี่ คำเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลปรากฏดังตารางที่ 1 โดยครูส่วนใหญ่แสดงความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้าใจที่ว่า การออกแบบต้องคำนึงถึงผู้ใช้เป็นสำคัญ (1 และ 2) และต้องอาศัยข้อมูลสารสนเทศด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (3 และ 20) อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ครูเข้าใจน้อยที่สุดคือความซับซ้อนของกระบวนการออกแบบ (9) โดยครูมีแนวโน้มที่จะมองว่า กระบวนการออกแบบเป็นขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว (18) และผลลัพธ์ของการออกแบบมีเพียงหนึ่งเดียว (19) ซึ่งผู้ที่เก่งด้านการออกแบบมักรู้หรือทราบตั้งแต่เริ่มต้นว่า ตนเองควรออกแบบชิ้นงานหรือนวัตกรรมอย่างไร (17) แม้ครูที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเช่นนี้มีจำนวนไม่มากนัก ดังภาพที่ 1 แต่ความเข้าใจเหล่านี้ อาจเป็นอุปสรรคสำคัญในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทั้งนี้เพราะครูอาจชี้ให้นักเรียนออกแบบตามความคิดที่ตนเองกำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งทำให้นักเรียนไม่ได้ฝึกออกแบบแจกเช่นที่วิศวกรทำการออกแบบนวัตกรรมต่าง ๆ อย่างแท้จริง นักเรียนจึงอาจขาดโอกาสการพัฒนาความสามารถในการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามเจตนารมณ์ของนโยบายสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 1 ระดับความเห็นด้วยต่อข้อความต่าง ๆ เกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ข้อความ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
1. ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใด ๆ ผู้ออกแบบต้องพิจารณาผู้ใช้เป็นสำคัญ	4.45	0.739
2. การออกแบบเชิงวิศวกรรมคือการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ ระบบ ส่วนประกอบ หรือกระบวนการที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้	4.50	0.512
3. ข้อมูลและสารสนเทศเป็นหัวใจสำคัญของการออกแบบ	4.50	0.673
4. การออกแบบคือกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้ออกแบบปรับเปลี่ยนและขยายความรู้ของตนเองเกี่ยวกับการออกแบบ	4.41	0.590
5. การออกแบบไม่ใช่การบอกว่า ผลิตภัณฑ์เป็นอย่างไร แต่เป็นการสำรวจว่าผลิตภัณฑ์สามารถเป็นอย่างไรได้บ้าง	4.14	0.889
6. ในการออกแบบ ปัญหาและวิธีแก้ปัญหาค่อย ๆ พัฒนาไปพร้อมกัน โดยวิธีแก้ปัญหาทำให้เกิดความเข้าใจใหม่เกี่ยวกับปัญหา และความเข้าใจใหม่นั้นทำให้เกิดทางเลือกในการแก้ปัญหา	4.41	0.590
7. การออกแบบเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นวัฏจักร	4.14	0.941
8. ผู้ออกแบบใช้ภาพร่างเป็นส่วนหนึ่งในการให้เหตุผลที่จะนำไปสู่ความคิดและการสร้างสรรค์ผลงาน	4.41	0.666
9. การออกแบบเป็นกิจกรรมที่ซับซ้อนกว่าการกำหนดปัญหาและการหาวิธีแก้ปัญหา	3.68	1.211
10. การออกแบบเป็นเรื่องซับซ้อนที่ต้องอาศัยทักษะและการฝึกฝน ไม่ใช่ความสามารถหรือพรสวรรค์ที่ติดตัวมาแต่กำเนิด	4.05	1.133
11. การออกแบบมักเป็นกิจกรรมที่มีวิธีแก้ปัญหาชี้แนะ ผู้ออกแบบเสนอวิธีแก้ปัญหาเพื่อที่จะเข้าใจปัญหานั้นดียิ่งขึ้น	4.09	1.151
14. การออกแบบเป็นหัวใจสำคัญของวิศวกรรม การออกแบบทำให้วิศวกรรมแตกต่างไปจากวิทยาศาสตร์	4.09	1.019
15. การออกแบบคือนิยามของวิศวกรรม งานหลักของวิศวกรคือการสร้างสิ่งใหม่เพื่อปรับปรุงหรือพัฒนาสังคม	4.27	1.077
16. สิ่งสำคัญในการออกแบบคือการประหยัดทรัพยากร ไม่ว่าจะเป็นการใช้สิ่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า	4.41	0.854
17. ผู้ออกแบบที่เก่งมักออกแบบและได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องตั้งแต่เริ่มแรก*	3.09	1.444

ตารางที่ 1 ระดับความเห็นด้วยต่อข้อความต่าง ๆ เกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม (ต่อ)

ข้อความ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
18. ปัญหาใด ๆ มักมีวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องเพียงหนึ่งวิธีการ*	4.00	1.309
19. กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อแก้ปัญหาใด ๆ มักมีขั้นตอนที่แน่นอน ตายตัว	3.86	1.457
20. การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับ การออกแบบ	4.45	0.671



ภาพที่ 1 ร้อยละของครูที่แสดงระดับความเห็นด้วยต่อข้อความต่าง ๆ เกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจและมุมมองของครูเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ผู้ให้ข้อมูลเป็นครู จำนวน 22 คน ที่เข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการในโครงการคูปองพัฒนาครู ซึ่งไม่ได้มาจากการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง จากการตอบแบบสอบถาม ทั้งแบบที่เป็นคำถามปลายเปิดและแบบที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า ผลการวิจัยปรากฏว่า ครูจำนวนหนึ่งยังไม่เข้าใจลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา โดยครูเหล่านั้นมองว่า สะเต็มศึกษาเป็นวิธีสอนหนึ่งที่ไม่ได้แตกต่างจากวิธีสอนหรือแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น ๆ เช่น การสืบเสาะ การแก้ปัญหา หรือแม้กระทั่งการบูรณาการ อย่างไรก็ตาม ครูอีกจำนวนหนึ่งเข้าใจสะเต็มศึกษาในฐานะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ซึ่งปรากฏตามตัวอย่างของสะเต็ม (STEM) ในกรณีนี้ ครูจำนวนน้อยเข้าใจว่าการออกแบบวิศวกรรมเป็นหัวใจหลักของการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Prasertsan, 2016) ด้วยเหตุนี้ ครูจำนวนมากจึงมองเป้าหมายและแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาในลักษณะทั่วไป และ

ไม่ได้ตระหนักถึงการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างนวัตกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ถึงกระนั้นก็ตาม ครูทุกคนแสดงความเห็นด้วยกับนโยบายสะเต็มศึกษา ทั้งนี้เพราะความตระหนักถึงศักยภาพของสะเต็มศึกษาในการพัฒนาให้นักเรียนด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านพุทธิพิสัย (เช่น ความรู้ กระบวนการคิด การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์) ด้านทักษะ (เช่น ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น) และด้านเจตคติ (เช่น ความสนใจเรียน) แต่ในขณะที่เดียวกัน ครูส่วนใหญ่แสดงความพร้อมในระดับปานกลาง และมีความกังวลในระดับปานกลางในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งสาเหตุของความกังวลส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับความรู้และความสามารถของตนเองในการจัดการเรียนการสอน (Khumwong et al., 2017) ในขณะที่สาเหตุอื่น ๆ เช่น ความพร้อมของวัสดุอุปกรณ์ ตลอดจนความพร้อมของนักเรียน ก็ปรากฏให้เห็นในคำตอบของครูจำนวนหนึ่งเช่นเดียวกัน ผลการวิจัยนี้ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากธรรมชาติของครูที่ให้ข้อมูล ทั้งนี้เพราะครูเหล่านี้รับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เน้นสะเต็มศึกษามาก่อนหน้านี้แล้ว และตระหนักดีว่าตนเองยังขาดความพร้อมด้านนี้ ครูเหล่านี้จึงสมัครเข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการที่เป็นบริบทในการวิจัยครั้งนี้ ดังนั้น การนำผลการวิจัยนี้ไปอ้างอิงจึงควรเป็นไปด้วยความระมัดระวัง

แม้ครูแสดงความพร้อมในจำนวนที่ลดลง เมื่อเทียบกับความเห็นด้วยกับนโยบายสะเต็มศึกษา แต่ครูส่วนใหญ่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมในหลายมิติ โดยเฉพาะความเข้าใจที่ว่า การออกแบบต้องคำนึงถึงผู้ใช้เป็นสำคัญ และต้องอาศัยข้อมูลจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยนี้จึงแตกต่างจากผลการวิจัยของ Vichaidit & Faikhamta (2017) ที่เปิดเผยว่า นิสิตครูจำนวนหนึ่งไม่ได้มองว่าวิทยาศาสตร์คือกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ หากแต่มองเฉพาะส่วนที่เป็นตัวความรู้เท่านั้น ประสบการณ์อาจช่วยให้ครูในการวิจัยนี้เข้าใจว่า กระบวนการหาความรู้เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับนักเรียนไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าองค์ความรู้ อย่างไรก็ตาม ครูจำนวนหนึ่ง แม้เป็นเพียงส่วนน้อย ยังแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยครูกลุ่มนี้มองว่า กระบวนการออกแบบเป็นขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว และผลลัพธ์ของการออกแบบมีเพียงหนึ่งเดียว ซึ่งผู้ที่เก่งด้านการออกแบบมักรู้หรือทราบตั้งแต่เริ่มต้นว่า ชิ้นงานหรือนวัตกรรมควรมีลักษณะอย่างไร ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vichaidit & Faikhamta (2017) ที่ว่าไม่ใช่ทุกคนที่เข้าใจธรรมชาติของการออกแบบ

การนำไปใช้

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ความพยายามก่อนหน้านี้ประสบความสำเร็จในแง่ของการสร้างความตระหนักเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาให้กับครู อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จด้านการส่งเสริมด้านความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการออกแบบเชิงวิศวกรรม ปรากฏชัดเจนน้อยกว่า ดังนั้น ความพยายามในอนาคตจึงควรมุ่งเน้นด้านนี้ให้มากขึ้น ทั้งนี้เพราะครูหลายคน แม้เห็นด้วยกับสะเต็มศึกษา แต่ก็มี ความกังวลในระดับหนึ่ง เมื่อตนเองต้องจัดการเรียนการสอนตามแนวทางใหม่ ในการนี้ การมาของนโยบายสะเต็มศึกษาได้ท้าทายให้ครูจำนวนหนึ่งออกจากพื้นที่ที่ตนเองคุ้นเคย (comfort zone) ซึ่งครูเหล่านี้ต้องได้รับการสนับสนุนจากการพัฒนาวิชาชีพครู ในการนี้ Cunningham & Carlsen (2014) เสนอแนะว่า การพัฒนาวิชาชีพครูควรเน้นให้ครูได้ 1. มีส่วนร่วมและฝึกปฏิบัติการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2. เห็นต้นแบบของการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3. ได้สะท้อนคิดทั้งในฐานะผู้เรียนและผู้สอนจากการออกแบบเชิงวิศวกรรม 4. เห็นความแตกต่างและความเชื่อมโยงระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ และ 5.

ตระหนักว่า การออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการทางสังคม การพัฒนาวิชาชีพครูที่เน้นสิ่งเหล่านี้อาจช่วยคลายกังวลและสร้างความพร้อมให้กับครูในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษามากขึ้น

เนื่องจากครูจำนวนหนึ่ง แม้เป็นเพียงส่วนน้อย เข้าใจว่า การออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่แน่นอนตายตัว และมีผลลัพธ์ของการออกแบบมีเพียงหนึ่งเดียว การส่งเสริมสะเต็มศึกษาจึงควรระงับการส่งเสริมความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้ให้มากขึ้น โดยครูควรได้รับการเน้นย้ำว่า วัฏจักรการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การระบุปัญหา 2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิด 3. การออกแบบวิธีแก้ปัญหา 4. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา และ 6. การนำเสนอวิธีการและผลการแก้ปัญหา (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014: 4) มีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อจำลองกระบวนการออกแบบให้คนทั่วไปเข้าใจได้ง่าย แต่นั่นไม่ได้หมายความว่า การออกแบบเชิงวิศวกรรมมีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัวเช่นนั้นเสมอไป ในการนี้ ครูควรมีโอกาสให้พิจารณาแผนภาพที่จำลองการออกแบบเชิงวิศวกรรมรูปแบบอื่น ๆ (Fortus et al., 2004; Kolodner et al., 2003) ทั้งนี้เพื่ออภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับธรรมชาติที่แท้จริงของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความเข้าใจที่สมบูรณ์เกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะมีส่วนช่วยให้ครูจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้อย่างสอดคล้องกับวิศวกรจริง ๆ มากยิ่งขึ้น

ข้อจำกัด

เนื่องด้วยการศึกษาวิจัยนี้มีครูผู้ให้ข้อมูลจำนวนจำกัดและไม่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง การนำผลการวิจัยนี้ไปอ้างอิงจึงควรเป็นไปด้วยความระมัดระวัง ทั้งนี้เพราะครูในบริบทอื่น ๆ อาจมีประสบการณ์ ความเข้าใจ และมุมมองเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่แตกต่างไปจากครูในการวิจัยนี้ การวิจัยในอนาคตจึงควรศึกษาประเด็นนี้กับครูจำนวนมากและหลากหลายกว่านี้ ซึ่งจะให้ข้อมูลที่สนับสนุนหรือไม่สนับสนุนผลการวิจัยครั้งนี้ ยิ่งไปกว่านั้น เนื่องจากการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและมีหลายมิติ (Crismond & Adams, 2012) งานวิจัยในอนาคตจึงควรศึกษาความเข้าใจของครูเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ลึกซึ้งมากขึ้นด้วยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่แตกต่างไปจากการวิจัยครั้งนี้ เช่น การสัมภาษณ์ และการสังเกตในระหว่างที่ครูกำลังทำการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งจะให้ผลการวิจัยที่น่าสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Crismond, 2013) ผลการวิจัยเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้ครูมีความพร้อมในการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาต่อไป



References

- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. **Technology and Engineering Teacher**, 70(1): 30-35.
- Chanprasert, Supanee. (2014). STEM Education and Learning in 21st Century (สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21), **IPST Magazine**, 42(186): 3-5.
- Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A., and 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. and 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., and Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-Based Science and Student Learning. **Journal of Research in Science Teaching**, 41(10): 1018-1110.
- Homhol, Prasopsook and Kanjanasakda, Yupin. (2009). Need for and Lack of Engineering Workforce in Thailand's Industrial Estates (ความต้องการและการขาดแคลนแรงงานด้านวิศวกรรมศาสตร์ในนิคมอุตสาหกรรมของประเทศไทย). **University of the Thai Chamber of Commerce Journal: Humanities and Social Science**, 29(3): 67-83.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2014). **STEM Education (สะเต็มศึกษา)**. [Online]. Retrieved December 12, 2016 from <http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/Intro-to-STEM.pdf>
- Kelly, T. R. and 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.
- Khumwong, Pinit., Pruekpramool, Chaninan., and Phonphok, Nasan. (2017). The Impact of STEM Education Professional Development Workshop on Secondary Teachers' STEM Teaching Efficacy (ผลของการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาวิชาชีพครูเรื่องสะเต็มศึกษาต่อการรับรู้ความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของครูระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัดสระแก้ว). **Journal of Education, Mahasarakham University**, 11(3): 108-121.
- Kijkuakul, Sirinapa. (2015). STEM Education (สะเต็มศึกษา). **Journal of Education Naresuan University**, 17(2): 201-207.

- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, C. D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., and 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.
- Ladachart, Luecha. and Ladachart, Ladapa. (2018). From Scientific Literacy and Inquiry to STEM Education and Design (จากการรู้วิทยาศาสตร์และการสืบเสาะสู่สะเต็มศึกษาและการออกแบบ). **Journal of Education Naresuan University**, 20(1): 246-260.
- Morgan, G. A., Leech, N. L., Gloeckner, G. W., and Barrett, K. C. (2013). **IBM SPSS for Introductory Statistics: Use and Interpretation** (5th ed). New York: Routledge.
- Mosborg, S., Adams, R., Kim, R., Atman, C. J., Turns, J., and 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.** [Online]. Retrieved December 12, 2016 from <https://peer.asee.org/14999>
- Nadelson, L. S., Callahan, J., Pyke, P., Hay, A., Dance, M., and 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.
- National Science and Technology Development Agency. (2014). **Overcoming Middle Income Trap (ก้าวข้ามวังวนกับดักรายได้ปานกลาง).** [Online]. Retrieved December 12, 2016 from <http://www.nstda.or.th/news/19435-middle-income-trap>
- NGSS Lead States. (2013). **Next Generation Science Standards: For States.** Washington D.C.: National Academy of Sciences.
- Office of the National Economic and Social Development Board. (2017). **Draft of the 20-Year National Strategic Plan (B.E. 2560-2579) (ร่างยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579)).** [Online]. Retrieved April 3, 2017 from http://www.nesdb.go.th/download/document/SAC/NS_Draftplan-Aug2017.pdf
- Prasertsan, Sutheera. (2015). **STEM Education: Thai Education's New Challenges (สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย).** Songkhla: Numsilp Advertise.
- _____. (2016). **STEM Education: Problems from Engineering Design Processes (สะเต็มศึกษา: ปัญหาจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม).** Songkhla: Numsilp Advertise.
- Ramasuta, Navarat. and Rohitssthean, B. (2016). **Thailand Education 4.0 in Educational Contexts for Sustainable Development (การศึกษาไทย 4.0 ในบริบทการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน).** [Online]. Retrieved December 12, 2016 from <http://www.moe.go.th/websm/2016/aug/354.html>

- Teacher and Basic Education Personnel Development Bureau. (2016). **Coupon for Teacher Development Project (โครงการคูปองพัฒนาครู)**. [Online]. Retrieved October 9, 2016 from <http://teachercoupon.net/>
- The Secretariat of the House of Representatives. (2016). **Academic Focus: Thailand 4.0 (เอกสารวิชาการ: ประเทศไทย 4.0)**. [Online]. Retrieved December 12, 2016 from http://library2.parliament.go.th/ejournal/content_af/2559/jul2559-5.pdf
- 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.
- Vichaidit, Chutima. and Faikhamta, Chatree. (2017). Exploring Orientations toward STEM Education of Pre-service Science Teachers (การสำรวจมุมมองการสอนสะเต็มศึกษาของนิสิตครูวิทยาศาสตร์). **Rajabhat Maha Sarakham University Journal**, 11(3): 165-174.