

การออกแบบและพัฒนาสื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม

The Design and Development of STEM for Life, Economy and Society Materials and Learning Activity

| | | |
|-----------|---------|----------|
| Received: | October | 8, 2018 |
| Revised: | April | 14, 2019 |
| Accepted: | April | 17, 2019 |

สุทธิดา จำรัส (Suthida Chamrat)*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและพัฒนาสื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม จำนวน 11 กิจกรรม ที่เชื่อมโยงไปยังบริบทที่ผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์ทั้งปัจจุบันและอนาคต โดยมุ่งตอบคำถามวิจัยว่าลักษณะสำคัญของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจและสังคม เป็นอย่างไร ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเริ่มจากการสร้างกรอบแนวคิดลักษณะสำคัญของสื่อและกิจกรรมสะเต็มที่มุ่งเน้น การเชื่อมโยงสู่ชีวิต เศรษฐกิจและสังคม แล้วจึงพัฒนากิจกรรมและรายการสื่อซึ่งเป็นทรัพยากรเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่ออกแบบไว้ จากนั้นผู้วิจัยได้ส่งเอกสารสื่อและกิจกรรมทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ความเหมาะสมตามกรอบแนวคิดและลักษณะสำคัญ โดยนำผลที่ได้ไปปรับปรุงสื่อและกิจกรรมก่อนจะนำไปทดลองใช้ในชั้นเรียน และการพัฒนาวิชาชีพครู เพื่อนำผลย้อนกลับมาปรับปรุงสื่อและกิจกรรมเพื่อให้ความสมบูรณ์และพร้อมใช้ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ (1) แบบตรวจสอบรายการลักษณะสำคัญของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มศึกษา และ (2) แบบบันทึกการวิเคราะห์เนื้อหาสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยข้อมูลที่ได้ทั้งในส่วนเอกสารแผนกิจกรรม รายการสื่อ สิ่งประดิษฐ์และชิ้นงานจากการทดลองใช้กิจกรรมจะถูกแปลงเป็นไฟล์เอกสาร/ไฟล์รูปภาพ ทั้งรูปแบบ Microsoft Words และ PDF เพื่อนำเข้าโปรแกรม Atlas.ti สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยจะนำเสนอ 2 ประเด็นได้แก่ (1) การออกแบบและพัฒนาสื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม และ (2) ข้อมูลโดยภาพรวมและลักษณะสำคัญของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม ข้อค้นพบจากการวิจัยจะเป็นแนวทางให้กับครู นักสะเต็มศึกษา และผู้สนใจในการประยุกต์แนวคิดการพัฒนาสื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม ในการออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับการพัฒนาผู้เรียนและการพัฒนาวิชาชีพครูในบริบทของตนเองได้

คำสำคัญ: การออกแบบและพัฒนาสื่อและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้สะเต็ม, สะเต็มศึกษา, สะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์หาวิทยาลัยศาสตร์ศึกษา ภาควิชาหลักสูตร การสอนและการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Assistant Professor Dr, Science Education Division, Department of Curriculum, Instruction and Learning,
Chiang Mai University, Email: suthida.c@cmu.ac.th, Tel: +66875038292

Abstract

This research aims to design and development of 11 STEM for Life, Economy and Society Materials and Learning Activities. The activities related to contexts that students must interact, in current and future. It is to answer the research question- what is the key characteristics of STEM materials and learning activity which develop the quality of students' life, society and economy. The process started with the synthesis of STEM key characteristic conceptual framework that focused the relevance of life, society and economy context. After that, the researchers design and develop activities, including design and list material usage. All activity plan was sent to 3 STEM education specialists for content validity, STEM concepts and key characteristic of STEM review. Feedbacks from reviewers were used to edited and modified the activities before trying out them with students in classroom as well as the teacher professional development contexts. Feedbacks from trying out were also used to improve the activities and materials to make them more practical. The research instrument used to analyze STEM for life, society and economy materials and activities were (1) STEM material and activity key characteristic checklist and (2) Note-taking form for content analysis of STEM material and activity. All data (activity plan, list of materials, makings, and artifacts) were converted into document form. The document in Microsoft words, PDF and photo files were imported to Atlas.ti for data analysis using content analysis method. The findings were divided into 2 topics, (1) the design and development of STEM for life, society and economy material and learning activity and (2) the holistic view of STEM for life, society and economy material and learning activity. The research findings will direct the way to design and develop STEM activity by applying this research conceptual framework. Teachers, STEM educators and interested people cloud develop their activity for both students' learning and teacher professional development in their own context.

Keyword: Design and development of STEM Materials and Learning Activity, STEM education, STEM for life economy and society

บทนำ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบหนึ่งของการเปลี่ยนศาสตร์การสอน (Pedagogy Shift) (Association of American Universities, 2013; Myers & Berkowicz, 2015) ซึ่งเป็นความเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นหลายประเทศทั่วโลก เกิดขึ้นในหลายระดับของการจัดการศึกษาตั้งแต่ปฐมวัย ประถมศึกษา จนถึงระดับอุดมศึกษา (Hawthorne *et al.*, 2016) หรือแม้กระทั่งการศึกษาตลอดชีวิต มีหนังสือ เอกสาร จากหน่วยงานราชการ ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย งานวิจัย สื่อสิ่งพิมพ์และสื่อออนไลน์จำนวนมากที่นำเสนอเกี่ยวกับความสำคัญของสะเต็มและการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนรวมถึง องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษา ต่างเข้ามามีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาในประเทศไทย (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2559)

หน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบการจัดการศึกษา วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีโดยตรง อย่างสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ สสวท. ได้ขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ พ.ศ.2554 (Chulawattana, 2012) ทั้งหมดนี้ แสดงให้เห็นถึงการขับเคลื่อนเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนความต้องการและความจำเป็นของการจัดการศึกษา ที่มุ่งเน้นการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องและตอบ โจทย์ประเทศไทย 4.0 (สภานิติบัญญัติแห่งชาติ, 2558) ในการเร่งสร้างนวัตกรรมที่จะช่วยยกระดับให้ประเทศ เจริญรุดหน้า หลุดพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง (Middle-income Trap) เข้าสู่ประเทศมั่งคั่งที่ประชากร ในประเทศมีรายได้สูง ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้สำคัญของประเทศพัฒนาแล้ว อย่างไรก็ตาม จากสภาพเศรษฐกิจที่ประเทศไทยประสบอยู่ หากยังคงการเติบโตทางเศรษฐกิจร้อยละ 3.5 ต่อปี คาดการณ์ว่าประเทศไทยจะติดกับดักรายได้ ปานกลางไปอีก 30 ปี (แพรวไพลิน และ ณัฏพล, 2560) สะเต็มศึกษาจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่คาดหวังว่าจะช่วย สร้างนวัตกรรมและการพัฒนาในเชิงเศรษฐกิจ เพื่อสามารถยกระดับประเทศได้

กระบวนการนำนโยบายและทฤษฎีเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาลงสู่การปฏิบัติ มีอย่างหลากหลาย ครูมี ทางเลือกมากมายในการเข้ารับการพัฒนาวิชาชีพของตนเองในเนื้อหาและวิธีปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการ จัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยเชื่อว่าไม่มีวิธีใดหรือรูปแบบการพัฒนาครูรูปแบบใดที่ดีที่สุด ขึ้นอยู่กับ ปัจจัยพื้นฐานของโรงเรียน ความแตกต่างระหว่างบุคคลของครู และสิ่งสำคัญที่สุดคือการเปลี่ยนกระบวนทัศน์ ของครูที่จะเกิดขึ้นได้นั้นต้องอาศัยระยะเวลาและการเปลี่ยนแปลงจากภายใน ซึ่งก็คือความเชื่อและการรับรู้ เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา (Nadelson *et al.*, 2013) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ “การรู้เรื่องสะเต็ม (STEM literacy)” อันจะส่งผลถึงวิธีคิดและวิธีปฏิบัติของครูในห้องเรียน โดยวิธีการพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มนั้น วิธีหนึ่งที่สามารถทำ ได้คือการให้ครูได้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งของการพัฒนา วิชาชีพครูรวมไปถึงการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน เป็นกระบวนการที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลง (Transformative process) เป็นจุดเชื่อมต่อหรือจุดประสาน (Interface) ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน (Tseng *et al.*, 2003; Bevan *et al.*, 2015) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดด้วยกระบวนการหรือวิธีการที่แตกต่าง ออกไปจากการจัดการเรียนรู้แบบเดิม กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในปัจจุบันสามารถ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ (1) กิจกรรมสำเร็จรูปที่ออกแบบมาเป็นที่เรียบร้อยแล้วพร้อมที่จะให้ครูนำไปใช้ (2) กิจกรรมกึ่ง

สำเร็จรูปที่ครูสามารถนำไปประยุกต์ต่อยอดและใช้ในชั้นเรียนของตัวเอง และ (3) กิจกรรมที่ครูออกแบบและสร้างขึ้นเอง

เป้าหมายสำคัญของการพัฒนาครูคือ ทำயที่สุดแล้วครูต้องเป็นผู้ออกแบบและสร้างบทเรียนหรือกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาขึ้นมาได้ด้วยตัวเอง ซึ่งถือว่าการพัฒนาที่ยั่งยืน เพราะแม้โครงการพัฒนาวิชาชีพครูหรือหลักสูตรการเรียนรู้จะจบลงแล้ว คุณลักษณะหรือความสามารถนี้จะติดตัวครูไป และแม้ว่าการเปลี่ยนศาสตร์การสอน หรือการปฏิรูปการเรียนรู้ในอนาคตจะเกิดขึ้น ครูก็จะสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการนวัตกรรมหรือแนวคิดการจัดการศึกษาใหม่ในอนาคต เพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงใหม่ ๆ ที่จะเกิดขึ้น โดยการเชื่อมโยงสะเต็มสู่ชีวิต เศรษฐกิจและสังคม ซึ่งเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับทุกคนไม่ว่าจะประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มหรือไม่ก็ตาม (Rothwell, 2013; Baranyai *et al.*, 2016) การวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งถอดบทเรียนกระบวนการพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เน้นบริบทการพัฒนาชีวิต เศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งแสดงลักษณะสำคัญของกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ดังกล่าว ข้อค้นพบของการวิจัยนี้ จะช่วยให้ครู นักสะเต็มศึกษา และผู้สนใจสามารถประยุกต์แนวคิดการพัฒนาสื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม ในการออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับการพัฒนาผู้เรียนและการพัฒนาวิชาชีพครูในบริบทของตนเองได้

วิธีวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาที่มุ่งเน้นการสร้างสรรค์นวัตกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหาเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยใช้ข้อมูลพื้นฐานที่เก็บจากโครงการพัฒนาวิชาชีพครูที่ได้มีประสบการณ์และดำเนินการไปแล้ว (สุทธิดา จำรัส, 2560ข) ร่วมกับการศึกษาเอกสาร เพื่อสร้างกรอบแนวคิดลักษณะสำคัญของสื่อและกิจกรรมสะเต็มที่มุ่งเน้น การเชื่อมโยงสู่ชีวิต เศรษฐกิจและสังคม โดยนำกรอบแนวคิดไปพัฒนาสื่อและกิจกรรม จำนวน 11 กิจกรรม จากนั้นผู้วิจัยได้ส่งเอกสาร สื่อและกิจกรรมทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านพิจารณาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ความเหมาะสมตามกรอบแนวคิดและลักษณะสำคัญ นำผลที่ได้ไปปรับปรุงสื่อและกิจกรรมก่อนจะนำไปทดลองใช้ในชั้นเรียน เพื่อนำผลย้อนกลับ (feedback) มาปรับปรุงสื่อและกิจกรรมเพื่อให้มีความสมบูรณ์และพร้อมใช้จำนวน 11 กิจกรรม โดยมีวัตถุประสงค์ คำถามวิจัย เครื่องมือวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล สรุปไว้ในตาราง 1 ดังนี้

ตาราง 1 ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์การวิจัย คำถามวิจัย เครื่องมือวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล

| วัตถุประสงค์การวิจัย | คำถามวิจัย | เครื่องมือวิจัย | การเก็บรวบรวมข้อมูล |
|---|--|--|---|
| 1. เพื่อออกแบบและพัฒนา กิจกรรมเสริมศึกษาที่มุ่งเน้น การพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจและสังคม จำนวน 11 บทเรียน | ลักษณะสำคัญของ สื่อการเรียนรู้และ กิจกรรมเสริม ศึกษาที่มุ่งเน้นการ พัฒนาคุณภาพ ชีวิต เศรษฐกิจและ สังคม เป็นอย่างไร | เครื่องมือวิจัยผ่านการตรวจสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยการหา ค่า IOC และการให้ข้อเสนอแนะ โดยเครื่องมือมี 2 รายการคือ 1. แบบตรวจสอบรายการลักษณะ สำคัญของสื่อ การเรียนรู้และกิจกรรมเสริม ศึกษา 2. แบบบันทึกการวิเคราะห์เนื้อหา สื่อการเรียนรู้และกิจกรรมเสริม เพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม | ศึกษาและวิเคราะห์ เนื้อหาสื่อการเรียนรู้และ กิจกรรมเสริมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม จำนวน 11 บท ทั้งใน ส่วนที่ได้จาก เอกสาร แผนกิจกรรม รายการสื่อ สิ่งประดิษฐ์และชิ้นงาน จากการทดลองใช้ กิจกรรม |

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดจะถูกแปลงเป็นไฟล์เอกสาร/ไฟล์รูปภาพ ทั้งรูปแบบ Microsoft Words และ PDF เพื่อนำเข้าโปรแกรม Atlas.ti Version 7.5.18 เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) โดยขั้นตอนและวิธีการนำเสนอโดย Neuendorf (2002) ที่ประกอบด้วย (1) ระบุทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและต้องการศึกษา (2) สร้างกรอบแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้ (3) เตรียมความพร้อมเชิงปฏิบัติการในการวิเคราะห์ (4) สร้าง Coding Scheme ซึ่งเป็นคู่มือประกอบการโคด (5) เลือกตัวอย่างเนื้อหาที่จะวิเคราะห์ (Content sampling) (6) ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของการโคดด้วยการหาค่าข้อตกลง (Consensus) ระหว่างผู้วิจัยสองคนที่ทดลองแยกกันโคดเนื้อหาอย่างอิสระ (7) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการโคดจริงซึ่งใช้ผู้วิเคราะห์อย่างน้อยสองคนขึ้นไป (8) หาค่าข้อตกลง (Consensus) ของผลการโคด (9) จัดการข้อมูลและรายงานผล

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์เนื้อหาสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมเสริมศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจและสังคม ผู้วิจัยจะนำเสนอผลใน 2 หัวข้อ ได้แก่ (1) การออกแบบและพัฒนาสื่อและกิจกรรมเสริมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม และ (2) ข้อมูลโดยภาพรวมและลักษณะสำคัญของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมเสริมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม โดยมีข้อค้นพบดังนี้

การออกแบบและพัฒนาสื่อและกิจกรรมเสริมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม

จากข้อมูลที่รวบรวมและการวิเคราะห์เนื้อหา ผู้วิจัยได้ศึกษาและถอดบทเรียนขั้นตอนการออกแบบและพัฒนากิจกรรมเสริมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม เพื่อนำเสนอเป็นแนวทางให้ครูก่อนประจำการ ครูประจำการนักเสริมศึกษา และผู้สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนของการออกแบบและพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวเสริมศึกษาในบริบทของตนเองดังนี้

1. ทบทวนวรรณกรรมจากหนังสือ งานวิจัย ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย และเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างกรอบแนวคิดลักษณะสำคัญของกิจกรรมสะเต็มศึกษา ในที่นี้ผู้วิจัย (สุทธิดา จำรัส, 2560ค) พบว่าลักษณะสำคัญ 6 องค์ประกอบคือ (1) การบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่มุ่งเน้นการพัฒนาความรู้เรื่องสะเต็ม (2) การออกแบบกิจกรรมอ้างอิงตามกรอบแนวคิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (3) การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (4) การเน้นการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (5) กิจกรรมเน้นการออกแบบและแก้ปัญหา และ (6) การวัดและประเมินผลตามสภาพจริงเพื่อพัฒนาผู้เรียน ลักษณะสำคัญทั้ง 6 นี้จะยึดถือเป็นโครงสร้างหลักของกิจกรรมที่จะต้องปรากฏในการออกแบบและเพื่อไม่ให้ประเด็นใดถูกละเลย โดยมี เมทริกซ์เพื่อการออกแบบและพัฒนากิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Matrix Design and Development, STEM Matrix DD) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการจัดการความรู้ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสำคัญของสื่อและกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม เพื่อใช้ออกแบบและตรวจสอบว่ากิจกรรมนั้นมีองค์ประกอบสำคัญนี้ครบถ้วนหรือไม่ (สุทธิดา จำรัส, 2560ข)

2. จากองค์ประกอบ ทั้ง 6 ในข้อ 1 ระบุบริบทที่ต้องการเน้น ในที่นี้จะเน้นบริบท 4 ด้าน คือ บริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตของผู้เรียน บริบทด้านเศรษฐศาสตร์ทั้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับโอกาสทางธุรกิจหรืออาชีพและประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรให้เกิดคุณค่าสูงสุด บริบททางสังคมที่รายล้อมผู้เรียน ทั้งระดับท้องถิ่นและระดับโลก และสุดท้ายบริบทเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่จะเป็นตัวกำหนดคุณภาพในการดำรงชีวิตของผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต ทั้งนี้ต้องกระจายจุดเน้นของบริบทที่ส่งผลต่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม ด้วยสัดส่วนจำนวนกิจกรรมที่เท่ากัน

3. ออกแบบกิจกรรมเชื่อมโยงไปยังหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์) ให้ครอบคลุมสาระทั้ง 7 กิจกรรมจะต้องกระจายให้ตรงตามสาระการเรียนรู้ตั้งแต่ 1 ถึง 7 (สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก และสาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ) ที่มีจุดเน้นในเนื้อหาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน โดยระบุตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง และต้องมีลำดับของการพัฒนาแนวคิด ทั้งในแนวตั้ง คือ พัฒนาการความรู้ของแนวคิดนั้น ๆ ด้วยกรอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความเชื่อมโยงในแนวนอนคือการบูรณาการกับสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และการงาน อาชีพและเทคโนโลยี

4. กำหนดแนวคิดสำคัญของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยมีจุดเน้นว่าแนวคิดทั้ง 4 จะต้องบูรณาการกันทั้งแนวคิดและแนวปฏิบัติ แสดงให้เห็นความเชื่อมโยงในฐานรากฐานสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จะมีคุณภาพหรือไม่ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดเนื้อหาที่จะต่อยอดไปเป็นกิจกรรม

5. จัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อทดสอบกิจกรรมการออกแบบกิจกรรมในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยได้ทดสอบกิจกรรมเบื้องต้นมากกว่า 1 ครั้ง เพื่อศึกษาว่าแนวคิดนี้เป็นไปได้ในทางปฏิบัติหรือไม่ เหมาะสมกับเวลาในห้องเรียน มีความปลอดภัยหรือมีความเสี่ยงมากนักน้อยเพียงใด จากนั้นผู้วิจัยได้ส่งเอกสารสื่อและกิจกรรมทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ความเหมาะสมตามกรอบแนวคิดและลักษณะสำคัญ โดยทั้ง 11 กิจกรรมมีค่า IOC (index of item-objective congruence) อยู่ระหว่าง 0.67-1 จึง

ลงข้อสรุปว่า 11 กิจกรรมนี้ใช้ได้ โดยมีการปรับแก้และเพิ่มรายละเอียดตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญคือ ระบุขั้นตอนกิจกรรมให้ละเอียดขึ้น การพิจารณาเวลาในการสร้างสรรค์ชิ้นงานและทำกิจกรรมให้เหมาะสม การกำหนดขอบข่ายของเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจนในแต่ละกิจกรรม

6. นำกิจกรรมไปทดลองใช้ในบริบทห้องเรียนจริง หรือการพัฒนาวิชาชีพครู เก็บข้อมูลเพื่อนำผลย้อนกลับมาประยุกต์หรือปรับขั้นตอนเพื่อให้เหมาะสมกับเวลา รวมทั้งปรับปรุงสื่อและกิจกรรมเพื่อให้มีความสมบูรณ์และพร้อมใช้ โดยมีประเด็นการแก้ไขหรือข้อควรระวังจากการทดลองใช้คือ บางกิจกรรมใช้อุปกรณ์ที่มีคม เช่น มีด กรรไกร รวมทั้งอุปกรณ์ที่ให้ความร้อน เช่น เต้าไฟฟ้า กาวร้อน จึงต้องเพิ่มข้อควรระวังมากขึ้น นอกจากนี้ยังต้องมีการปรับปรุงคำสั่งหรือขั้นตอนของกิจกรรมที่มีความซับซ้อน เช่น กิจกรรมฝนจากฟ้า มีการสร้างแผนผังการทำกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจลำดับขั้นตอนของกิจกรรมมากขึ้น ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลองใช้กิจกรรมไปพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และเติมเต็มองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครบถ้วน

7. นำกิจกรรมไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนในห้องเรียนหรือกิจกรรมพิเศษ เช่น กิจกรรมชุมนุม กิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้กับครูในกิจกรรมการพัฒนาวิชาชีพครู นำผลที่ได้ไปปรับกิจกรรมให้เหมาะสม

จากขั้นตอนดังกล่าว ผู้วิจัยสรุปองค์ประกอบสำคัญไว้ 3 ส่วน คือ ชิ้นงานสุดท้าย จุดเน้นบริบทของผู้เรียนทั้งบริบทด้านชีวิต เศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งแสดงที่มาของแนวคิดการออกแบบ ไว้ในตาราง 2 ซึ่งแต่ละกิจกรรมมีที่มาที่แตกต่างหลากหลาย ในส่วนของชิ้นงานสุดท้ายจะสะท้อนกรอบแนวคิดลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-based Learning) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) จุดเน้นบริบทในมิติของชีวิต เศรษฐกิจและสังคม สะท้อนการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่มุ่งเน้นการนำแนวคิดสะเต็ม ไปดำเนินชีวิตการสร้างนวัตกรรม เพื่อหาโอกาสทางธุรกิจรวมถึงการมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบต่อสังคม ที่มาของแนวคิดการออกแบบกิจกรรม แสดงถึงจุดเริ่มต้นของการคิดออกแบบรวมถึงการปรับประยุกต์แนวคิดมาใช้ในการออกแบบกิจกรรม

ข้อมูลโดยภาพรวมและลักษณะสำคัญของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม

สื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม เป็นกิจกรรมและทรัพยากรที่สนับสนุนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่มุ่งเน้นการบูรณาการศาสตร์หรือสาขาวิชาทั้ง 4 ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยเชื่อมโยงไปยังบริบทที่เน้นการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจและสังคม โดยหมายรวมทั้งเล่มเอกสารคู่มือการใช้การเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม ที่ได้รวบรวมกรอบแนวคิดที่เป็นหลักการออกแบบกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา และแผนการดำเนินกิจกรรม นอกจากนี้ยังหมายถึงสื่อการเรียนรู้ประเภทต่าง ๆ ที่ถูกรวบรวมและออกแบบให้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ ทั้งวัสดุ สารเคมี อุปกรณ์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน สื่อการเรียนรู้ตามธรรมชาติ แหล่งข้อมูลสารสนเทศ โปรแกรมประยุกต์ แอปพลิเคชัน เครื่องมือเฉพาะทาง ตลอดจนสื่อประเภทดิจิทัล

สื่อและกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมประกอบด้วย 11 กิจกรรม ประกอบด้วย กิจกรรม ได้แก่ วงจรไฟฟ้า (Electrical Circuit) เสียงจากร่างกาย (Voices of the Body) ขยะอวกาศ (Space Debris) หวานแต่ไหนถามใจเธอดู (Drinking by design) น้ำเกลือเพื่อชีวิต (Saline for Life) ฝนจากฟ้า

(Harvest the Rain) วัดพื้นที่ใบไม้ (Measure the leaf) พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) ค้าขายไอศกรีม (Ice Cream Trading) บรรจุภัณฑ์ (Packaging) และโซลาร์เซลล์และรถยนต์พลังงานโซลาร์เซลล์ (Solar cell and Solar cell powered car) แต่ละกิจกรรมจะมีระยะเวลาดำเนินกิจกรรม 2-4 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของเนื้อหา โดยเวลารวมทั้งหมดคือ 29 ชั่วโมง ครอบคลุม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพ และเทคโนโลยี สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 9 มาตรฐานได้แก่ ว 1.1 ว 1.2 ว 2.1 ว 2.2 ว 3.1 ว 3.2 ว 5.1 ว 6.1 และ ว 7.1 มาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 6 มาตรฐานได้แก่ ค 1.1 ค 2.1 ค 2.2 ค 3.1 ค 5.1 และ ค 6.1 และมาตรฐานการเรียนรู้การงานอาชีพ และเทคโนโลยี 2 มาตรฐาน ได้แก่ ง 1.1 และ ง 2.1 โดยแต่ละกิจกรรมจะมีภาระงาน/โครงการ/ชิ้นงานสุดท้าย กำกับเป้าหมาย กิจกรรมไว้ครบทุกกิจกรรม รายละเอียดแสดงในตาราง 3

ตาราง 2 แนวคิดและที่มาการออกแบบกิจกรรมเพิ่มเติมเพื่อชีวิตเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

| กิจกรรมที่ | ชื่อกิจกรรม | ชิ้นงานสุดท้าย (Task/Project/product) | จุดเน้นบริบท | ที่มาของแนวคิดการออกแบบ |
|------------|--------------------------------------|--|--------------|---|
| 1 | วงจรไฟฟ้า (Electrical Circuit) | วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย/ วงจรไฟฟ้ากระดาษ (Paper Circuit)/ หุ่นยนต์วาดเขียน (Art robot)/ | ชีวิต | ไฟฟ้าเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับชีวิตของมนุษย์แทบจะทุกคน แต่ในเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ไฟฟ้า กลับมีแต่สมการและแนวคิดที่ยาก เช่น กฎของโอห์ม การออกแบบจึงใช้แนวคิดของการนำวงจรไฟฟ้า มาจัดทำเป็นของเล่น ผลิตภัณฑ์ที่สามารถจำหน่ายได้ในเชิงเศรษฐกิจ เช่น โปสการ์ดไฟฟฟารวมถึงการสร้างแนวคิดการสร้างหุ่นยนต์อย่างง่ายจากมอเตอร์ (Chamrat, 2018) รวมทั้งการแสดงให้เห็นความสำคัญของไฟฟ้าที่มีต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ |
| 2 | เสียงจากร่างกาย (Voices of the Body) | สแต็คโตสโคปอย่างง่ายและแบบจำลองหัวใจ | ชีวิต | แบบจำลองหัวใจ ส่วนใหญ่นำเสนอโครงสร้าง แต่ไม่ได้นำเสนอฟังก์ชันการทำงาน กิจกรรมนี้จึงต้องการให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองหัวใจ ที่แสดงการทำงานได้ด้วย นอกจากนี้ยังให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของระบบหมุนเวียนเลือดในร่างกาย การสร้างแบบจำลองการทำงานของหัวใจ ต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นเครื่องมือในการดำเนินงาน |
| 3 | ขยะอวกาศ (Space Debris) | มือจับขยะอวกาศ | สังคม | ได้แนวคิดมาจากปัญหาเรื่องขยะอวกาศ (Space debris) ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและไม่มีแนวโน้มจะลดลง ซึ่งนักวิทยาศาสตร์คาดการณ์ว่า อาจจะทำให้เกิดปัญหาร้ายแรงในอนาคต ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดนวัตกรรมมือจับจากหลักการสั่นพ้องของมวลมาออกแบบเป็นกิจกรรมขยะอวกาศ ซึ่งเป็นการสร้างความตระหนักถึงผลกระทบของขยะอวกาศที่มีต่อสังคมในระดับโลก |

ตาราง 2 (ต่อ)

| กิจ กรรมที่ | ชื่อ กิจกรรม | ชิ้นงานสุดท้าย (Task/Project/ product) | จุดเน้น บริบท | ที่มาของแนวคิดการออกแบบ |
|----------------|--|---|------------------------------|--|
| 4 | หวานแค่ ไหนถาม ใจเธอดู (Drinking by design) | เครื่องดื่มจากผัก หรือผลไม้ที่มี ความเข้มข้นของ น้ำตาลเท่ากับ 4% โดยมวลต่อ ปริมาตร พร้อม ออกแบบฉลาก และการนำเสนอ สินค้า | ชีวิต และ เศรษฐ กิจ | กิจกรรมนี้จะเป็นการแข่งขันทำเครื่องดื่มที่มีความเข้มข้นของน้ำตาล จำเพาะอยู่ที่ร้อยละ 4 โดยมวลต่อปริมาตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ เหมาะสมในการดื่มเครื่องดื่มที่ไม่ต้องผสมน้ำแข็ง โดยมีความเข้มข้นของ น้ำตาลที่ไม่เกินค่าภาชน้ำตาลที่ร้อยละ 6 ลักษณะกิจกรรมจะเป็นการให้ นักเรียนเตรียมเครื่องดื่มจากพืชหรือผลไม้ท้องถิ่น จากนั้นจะให้ออกแบบ บรรจุภัณฑ์และเสนอราคาที่เหมาะสม โดยในตอนทำกิจกรรมจะมี ลักษณะเหมือนการแข่งขันในรายการ Master Chef คณะกรรมการจะ พิจารณาจากความเข้มข้นของน้ำตาลที่เตรียมว่าตรงกับที่โจทย์กำหนด หรือไม่นอกจากนี้ก็พิจารณาจากรสชาติและการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้ความเข้มข้นของน้ำตาลในเครื่องดื่มส่งผลต่อสุขภาพของผู้ดื่มใน ขณะที่การออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มต้องคำนึงเรื่องของเศรษฐศาสตร์ จึงต้องมีความสมดุลกัน |
| 5 | น้ำเกลือ เพื่อชีวิต (Saline for Life) | น้ำเกลือแบบทำ เอง (DIY Normal saline) | ชีวิต | ได้แรงบันดาลใจจากการขาดแคลนน้ำเกลือออร์มอลชาไลน์ (0.9% w/v) เมื่อครั้งเกิดอุทกภัยในปี 2554 การเตรียมน้ำเกลือสามารถทำได้ ด้วยความรู้ทางเคมีและการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อโรค จึงเป็นการนำ สะเต็มเชื่อมโยงกับการดูแลสุขภาพซึ่งมีความสำคัญในการดำรงชีวิต อย่างมีคุณภาพ |
| 6 | ฝนจากฟ้า (Harvest the Rain) | การตัดสินใจ เลือกถังน้ำหรือ ภาชนะที่บรรจุ น้ำตามความ ต้องการ | ชีวิต | กิจกรรมนี้ได้แรงบันดาลใจและแนวคิด จากโครงการพระราชดำริของ พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ในการศึกษาเรื่องน้ำและการเตรียม ตัวเพื่อรับกับสภาวะน้ำแล้ง โดยการคำนวณปริมาณน้ำฝนและภาชนะที่ บรรจุน้ำฝน ซึ่งมีปัจจัยคือพื้นที่ของหลังคาและสถิติปริมาณน้ำฝนในแต่ ละเดือน มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาใช้ในกิจกรรม เป็นการยกตัวอย่างการใช้สะเต็มในการบริหารจัดการน้ำในระดับ บุคคลซึ่งมีความสำคัญในการดำรงชีวิต |
| 7 | วัดพื้นที่ ใบไม้ (Measure the leaf) | วิธีวัดพื้นที่ใบไม้/ ภาชนะใส่อาหาร จากใบไม้ | เศรษฐ กิจ และ สังคม | การทำงานของนักวิทยาศาสตร์/ นักการเกษตร/นักอนุรักษ์ป่าไม้ ที่ใช้ เทคนิคในการติดตามพื้นที่ใบไม้ที่เปลี่ยนแปลงไปจากปัจจัยต่าง ๆ นักวิทยาศาสตร์ใช้กรอบแนวคิดและเทคนิคหลายประการเพื่อออกแบบ การวัดพื้นที่ใบไม้เช่นการทำตารางมาตรฐาน การใช้วิธีประมวลผลด้วย ภาพถ่าย (Image processing) เป็นต้น แนวคิดสะเต็มนี้จะส่งผลต่อ สังคม โดยเฉพาะการนำเทคโนโลยีไปพัฒนาการเกษตรให้มีผลิตภาพ (Productivity) ที่สูงขึ้น |

ตาราง 2 (ต่อ)

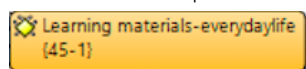
| กิจกรรมที่ | ชื่อกิจกรรม | ชิ้นงานสุดท้าย (Task/Project/product) | จุดเน้นบริบท | ที่มาของแนวคิดการออกแบบ |
|------------|--|--|------------------|---|
| 8 | พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) | พลาสติกที่สังเคราะห์จากแป้งต่างชนิดกัน/พลาสติกที่สังเคราะห์จากนม | เศรษฐกิจและสังคม | ได้แนวคิดมาจากปัญหาพลาสติกและไมโครพลาสติกที่มากขึ้นในมหาสมุทร เพื่อให้เกิดความตระหนักและการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา จึงได้ออกแบบการสังเคราะห์พลาสติกจากแป้งและนมที่สามารถถูกย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จากนั้นให้ผู้เรียนออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโอกาสจำหน่ายในทางธุรกิจ กิจกรรมนี้จึงเน้นการเชื่อมโยงกับสังคมในประเด็นสิ่งแวดล้อม และการคำนึงถึงเศรษฐกิจ |
| 9 | ค้าขายไอศกรีม (Ice Cream Trading) | การผลิตไอศกรีมและบรรจุภัณฑ์รักษาความเย็น | เศรษฐกิจ | ได้แนวคิดมาจากการทำไอศกรีมทำเอง (DIY Ice cream) โดยใช้หลักการลดอุณหภูมิด้วยเกลือ เพื่อให้ผู้เรียนได้สังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดจากสมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลายนอกจากนี้ยังให้ผู้เรียนได้ออกแบบบรรจุภัณฑ์และมีการทดสอบคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ในการรักษาอุณหภูมิ เพื่อเชื่อมโยงสู่แนวคิดของการพัฒนาสินค้าที่มีคุณภาพโดยเน้นประเด็นด้านเศรษฐกิจ |
| 10 | บรรจุภัณฑ์ (Packaging) | กิจกรรมบรรจุภัณฑ์ | เศรษฐกิจ | ปัจจุบันการขายสินค้าออนไลน์ ได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้น ทำให้การขนส่งสินค้าจึงมีความสำคัญและมีโอกาสเติบโตทางธุรกิจมากขึ้น อย่างไรก็ตามการบรรจุสินค้าจะต้องอาศัยหลักการเชิงคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เข้าช่วย ดังนั้นกิจกรรมนี้จึงเชื่อมโยงการค้าขายออนไลน์ เข้ากับการออกแบบบรรจุภัณฑ์และการคำนวณพื้นที่การบรรจุให้พอดี เพื่อลดต้นทุนการผลิต รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยรักษาคุณภาพของสินค้าเช่นการออกแบบบรรจุภัณฑ์ไอศกรีม ที่ช่วยรักษาอุณหภูมิ (เชื่อมโยงกับกิจกรรมค้าขายไอศกรีม) ซึ่งสอดคล้องกับจุดเน้นด้านเศรษฐกิจ |
| 11 | โซลาร์เซลล์และรถยนต์พลังงานโซลาร์เซลล์ (Solar cell and Solar cell powered car) | รถของเล่นพลังงานโซลาร์เซลล์ | สังคม | ได้แนวคิดมาจากรถพลังงานไฟฟ้าเทสลาโมเตอร์ (Tesla Motor) ซึ่งคาดการณ์ว่าจะเป็น disruptive technology ที่รถยนต์ในลักษณะนี้จะเปลี่ยนแปลงสังคมและรูปแบบการใช้ยานยนต์ในอนาคต จึงต้องมีการเตรียมความพร้อมผู้เรียนให้รู้จักรถพลังงานไฟฟ้า ในขณะที่เดียวกันก็เรียนรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์สุริยะหรือโซลาร์เซลล์ซึ่งเป็นที่มาของกิจกรรมนี้ |

ตาราง 3 ข้อมูลภาพรวมของกิจกรรมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม

| ชื่อกิจกรรม | ระยะเวลา (ชั่วโมง) | ตัวชี้วัดสาระ วิทยาศาสตร์ | ตัวชี้วัด สาระ คณิตศาสตร์ | ตัวชี้วัด สาระการงาน อาชีพและ เทคโนโลยี |
|--|-----------------------|--|--------------------------------------|--|
| 1. วงจรไฟฟ้า | 3 | ว 5.1 ม.3/2, ม.3/5 | ค 5.1 ม.3/4 ค.6.1 ม.3/5 | ง 2.1 ม.2/3 |
| 2. เสี่ยงจากร่างกาย | 3 | ว 2.1 ม.2/1, ม.2/2 | ค 2.1 ม.2/3 ค.2.2 ม.2/1 | ง 2.1 ม.2/3 |
| 3. ชยะอวกาศ | 2 | ว 7.1 ม.3/1 | ค 3.1 ม.1/1 | ง 2.1 ม.2/3 |
| 4. หวานแค้ไหนถามใจเธอดู | 2 | ว 3.2 ม.1/1 | ค 2.1 ม. 3/3 ค 2.2 ม. 3/1 | ง.1.1 ม.2/2, ม. 2/3 |
| 5. น้ำเกลือเพื่อชีวิต | 2 | ว 1.1 ม.2/5 ว 5.1 ม.1/2 | ค 6.1 ม.1/5 | ง 2.1 ม.2/4 |
| 6. ฝนจากฟ้า | 4 | ว. 6.1 ม.1/3 ม.1/4 ม.1/5 | ค.2.1 ม.2/1 ม.3/2 ม.3/3 | ง.1.1 ม.2/2 ม.2/3 |
| 7. วัดพื้นที่ไปไม้ | 3 | ว 1.2 ม.5/4 | ค 2.2 ม.3/1 | ง 2.1 ม.2/3 |
| 8. พลาสติกชีวภาพ | 2 | ว 2.2 ม.3/1 | ค 2.1 ม.2/2, ม. 2/3 | ง 2.1 ม.2/3 |
| 9. คำขายไอศกรีม | 3 | ว 3.1 ม.1/1 ว 3.2 ม.1/2 ม.1/3 ว 5.1 ม.1/1, ม.1/2 | ค 1.1 ม.2/4 ค 2.1 ม.2/2, ม.2/3 | ง 2.1 ม.2/3 |
| 10. บรรจุภัณฑ์ | 3 | ว 2.2 ม.3/5, ม.3/1 | ค 2.2 ม.3/1 ค.2.1 ม.3/2, ม.3/4 | ง 1.1 ม.3/3 |
| 11. โซลาร์เซลล์และรถยนต์ พลังงานโซลาร์เซลล์ | 2 | ว 5.1 ม.3/2 | ค 2.1 ม.2/1 | ง 1.1 ม.2/2 ง 2.1 ม.3/2 |

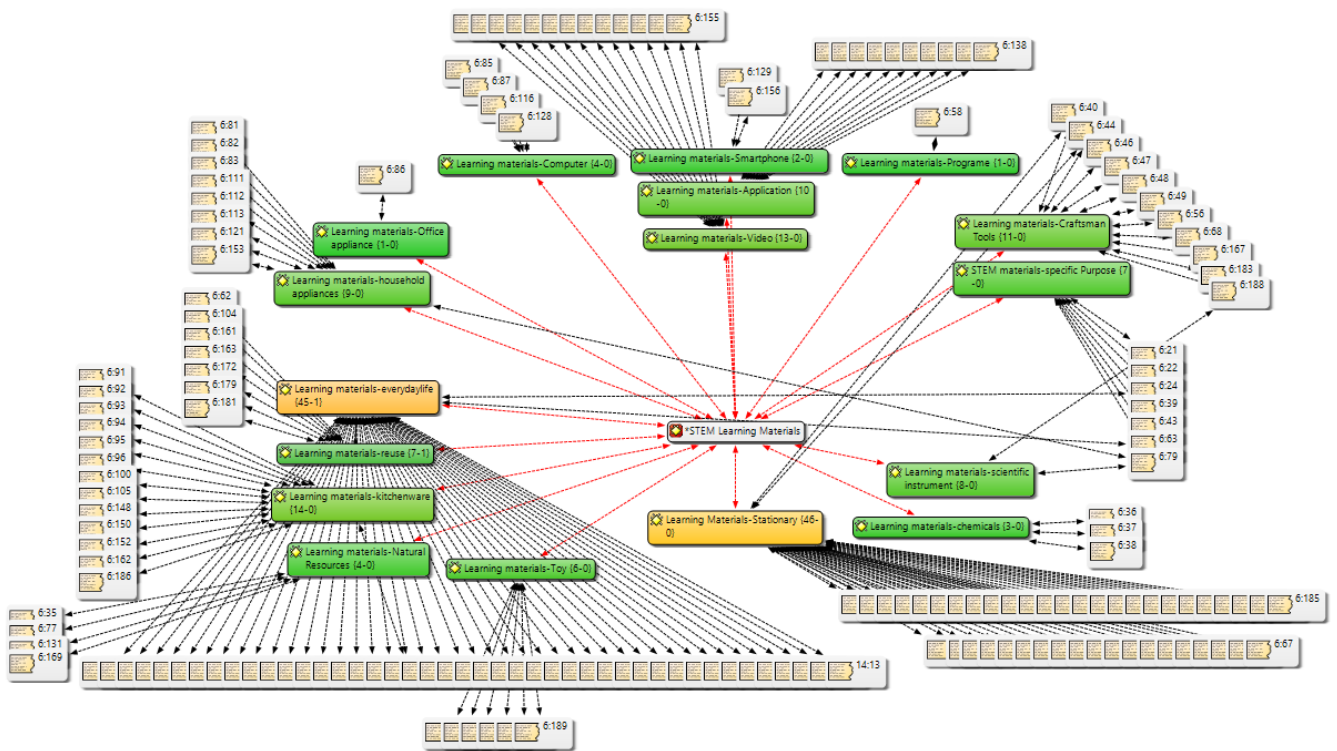
สื่อการเรียนรู้สะสมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม

จากการวิเคราะห์ประเภทและจำนวนของสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ใน 11 กิจกรรมสะสมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคมพบว่าจำนวนทั้งสิ้น 191 รายการ ผ่านการวิเคราะห์เนื้อหาจากเอกสารบันทึกการวิเคราะห์เนื้อหาสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะสมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม ที่ประกอบด้วยหัวข้อในการบันทึก 9 หัวข้อได้แก่ บริบท แนวคิดวิทยาศาสตร์ แนวคิดเทคโนโลยี แนวคิดวิศวกรรมศาสตร์ แนวคิดคณิตศาสตร์ ทักษะในศตวรรษที่ 21 จุดเน้น ชิ้นงาน และการประเมินผล (P6, รหัสของเอกสารเมื่อนำเข้าโปรแกรม Atlas.ti) โดยการจัดกลุ่มได้ทั้งหมด 17 กลุ่มย่อย หรือ 17 โคลด์ ซึ่งแสดงโดยกล่องที่มีสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนด้านซ้าย ดังนี้



คำภาษาอังกฤษคือชื่อของโคลด์ ส่วนตัวเลขที่ระบุในวงเล็บปีกกาตัวแรกหมายถึงจำนวนอัญพจน์ (Quotations) ตัวที่สองหมายถึงความเชื่อมโยงไปยังโคลด์อื่น โดยกล่องสี่เหลี่ยมจะมีความถี่มากที่สุด สีเขียวอมเหลืองจะมีความถี่รองลงมา และสีเขียวเข้มมีความถี่น้อยที่สุด (ภาพ 1) พบว่ากลุ่มของสื่อการเรียนรู้ที่ใช้มากที่สุดคือ สื่อการเรียนรู้ประเภทเครื่องเขียน (Learning Materials-Stationary) มีจำนวนทั้งสิ้น 46 รายการ คิดเป็นร้อยละ 24.08 รองลงมาคือ สื่อการเรียนรู้ที่หาได้ในชีวิตประจำวัน มีจำนวน 45 รายการ แต่หากพิจารณากลุ่มย่อยอื่น ๆ ที่มีความเชื่อมโยงกัน พบว่า กลุ่มนี้จะมากที่สุด โดยผู้วิจัยให้ชื่อสื่อการเรียนรู้ประเภทนี้ว่า สื่อการเรียนรู้ที่สามารถจัดหาได้ง่าย (Available Learning Materials) ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มสื่อการเรียนรู้ที่หาได้ในชีวิตประจำวัน (รหัส Learning materials-everyday life) สื่อการเรียนรู้จากวัสดุที่นำมาใช้ซ้ำ (รหัส Learning materials-reuse) สื่อการเรียนรู้จากเครื่องครัว (Learning materials-kitchenware) สื่อการเรียนรู้จากทรัพยากรธรรมชาติ (Learning materials- Natural Resources) สื่อการเรียนรู้จากของเล่น (Learning materials-Toy) มีจำนวนอุปกรณ์รวมกันถึง 76 รายการ คิดเป็นร้อยละ 39.79 ในส่วนของสื่อการเรียนรู้ประเภทดิจิทัล ประกอบด้วยกลุ่มของรหัสจำนวน 5 กลุ่ม เรียงลำดับจากความถี่ของรายการสื่อการเรียนรู้ได้แก่ สื่อการเรียนรู้ประเภทวีดิทัศน์ (Learning materials-Video) จำนวน 13 รายการ แอปพลิเคชัน (Learning materials-Application) จำนวน 10 รายการ คอมพิวเตอร์ (Learning materials-Computer) จำนวน 4 รายการ โทรศัพท์มือถือ (Learning materials-Smartphone) จำนวน 2 รายการ และ โปรแกรมประยุกต์ (Learning materials-Programe) จำนวน 1 รายการ รวมทั้งสิ้น 30 รายการ คิดเป็นร้อยละ 15.71 สื่อการเรียนรู้ต่อมาคือประเภทสื่อการเรียนรู้เฉพาะทาง โดยประกอบด้วย 2 กลุ่มรหัส ได้แก่ เครื่องมือช่าง (Learning materials-Craftsman Tools) จำนวน 11 รายการ และ เครื่องมือเฉพาะทาง (Learning materials-Specialized equipment) จำนวน 7 รายการ รวมทั้งสิ้น 18 รายการ คิดเป็นร้อยละ 9.42 สื่อประเภทต่อมาคือ สื่อการเรียนรู้จากห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย 2 กลุ่มรหัส ได้แก่ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ (Learning materials-Scientific Instrument) จำนวน 8 รายการ และ สารเคมี (Learning materials-Chemicals) จำนวน 3 รายการ รวมทั้งสิ้น 11 รายการ คิดเป็นร้อยละ 5.76 โดยสื่อการเรียนรู้ประเภทสุดท้ายคือ เครื่องใช้ไฟฟ้า ประกอบด้วย 2 กลุ่มรหัส ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน (Learning materials-household appliances) จำนวน 9 รายการ และ เครื่องใช้ไฟฟ้าในสำนักงาน (Learning materials-Office appliance) จำนวน 1 รายการ รวมทั้งสิ้น 10 รายการ คิดเป็นร้อยละ 5.24

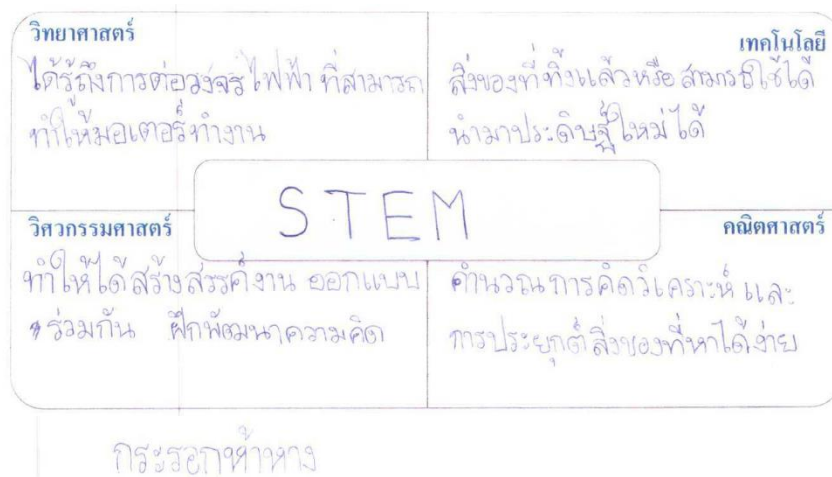
สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมเสริมศึกษา ได้ว่า เป็นลักษณะของกิจกรรมและทรัพยากรที่ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมดังกล่าวที่มีการออกแบบโดยมีลักษณะสำคัญเพื่อเชื่อมโยงไปยังการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมของผู้เรียน นำเสนอโดยผ่านรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีคู่มือการใช้สื่อและกิจกรรม มีขอบเขตเนื้อหาที่ตรงกับมาตรฐานการเรียนรู้ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ครอบคลุมตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง การดำเนินกิจกรรมจะให้ผู้เรียนปฏิบัติผ่านสื่อการเรียนรู้หลากหลายประเภท โดยเน้นสื่อที่หาได้จากชีวิตประจำวัน และสื่อประเภทเครื่องเขียนที่ตรงกับบริบทการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน ทั้งนี้มีการใช้สื่อประเภทดิจิทัลที่หลากหลาย และมีบางส่วนเป็นสื่อเฉพาะทางทั้ง เครื่องมือช่าง อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สารเคมี รวมทั้งอุปกรณ์ที่มีลักษณะการใช้งานที่เฉพาะกับสาขาวิชา หรือวิชาชีพ



ภาพ 1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะและการแบ่งกลุ่มจัดประเภทของสื่อการเรียนรู้ทั้งหมดในกิจกรรมเสริมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม 11 กิจกรรม

อภิปรายผล

ในระยะแรกของการนำแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาลงสู่การปฏิบัติในประเทศไทย (Chulawattana, 2012) เกิดความสับสนและคำถาม ขึ้นมากมายว่าสะเต็มศึกษา คืออะไร และลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นอย่างไร (สุทธิดา จำรัส, 2560ข) คำถามนี้ ต่อมาได้กลายมาเป็นคำถามวิจัยในงานวิจัยครั้งนี้ด้วยเช่นกัน จากการทบทวนวรรณกรรมและศึกษาเอกสาร ผู้วิจัยได้พบลักษณะสำคัญ 6 องค์ประกอบพื้นฐานที่สามารถระบุได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวจัดได้ว่าเป็นกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งประกอบด้วยบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ กรอบแนวคิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 บริบทชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง การเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการสร้างชิ้นงานและการแก้ปัญหา (สุทธิดา จำรัส, 2560ค) โดยกรอบแนวคิดนี้ใช้เป็นฐานคิดในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมของผู้เรียน ทั้งนี้ยังรวมถึงทรัพยากรที่สนับสนุนการเรียนรู้ที่งานวิจัยนี้ใช้คำว่า “สื่อการเรียนรู้” และเมื่อผนวกกันจึงเป็นคำที่ใช้เรียกรวมกันว่า “สื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม” กิจกรรมนี้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี “การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)” ซึ่งพบลักษณะของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมในภาพรวมคือ ทุกกิจกรรมการเชื่อมโยงกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยระบุเป็นสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และสาระการเรียนรู้การงาน อาชีพและเทคโนโลยี มีการกำหนดบริบทที่เชื่อมโยงอย่างชัดเจน รวมทั้งกำหนดโครงการหรือชิ้นงานปลายทางซึ่งเป็นผลลัพธ์ของการเรียนรู้ทุกกิจกรรม การกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้โดยเปลี่ยนรูปแบบเป็นชิ้นงานที่มีความเป็นรูปธรรมมากกว่าการกำหนดผลการเรียนรู้ปลายทางเป็นข้อความหรือตัวอักษรแต่เพียงอย่างเดียว ภายใต้กรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ “การจัดการเรียนรู้ด้วยโครงการสะเต็ม (STEM Project-based Learning : STEM PBL) ที่มีหลักการสำคัญคือ “การกำหนดผลลัพธ์ที่ชัดเจนผ่านภาระงานที่ไม่มีการกำหนดขั้นตอนที่ชัดเจน แต่ภาระงานกลับเติมไปด้วยบริบทที่ให้ผู้เรียนแก้ปัญหาหลายประการ และเมื่อพิจารณาจากผลงานทั้งหมดที่ได้ทำไป ผู้เรียนจะได้เรียนรู้แนวคิดที่หลากหลายในสาขาวิชาสะเต็ม” (Caparo *et al.*, 2013 หน้า 2) กิจกรรมสะเต็มใช้กรอบแนวคิดนี้เป็นสำคัญ ดังจะเห็นได้ว่าทุกกิจกรรมกำหนดชิ้นงานสุดท้ายหรือผลลัพธ์ปลายทางไว้อย่างชัดเจน แต่ไม่ได้กำหนดวิธีการหรือขั้นตอนที่ผู้เรียนจะต้องทำ สิ่งที่กิจกรรมเตรียมไว้ให้ผู้เรียนคือ สื่อการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนดำเนินกิจกรรม ออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน และเมื่อชิ้นงานหรือโครงการดำเนินการสำเร็จ ผู้เรียนจะได้สะท้อนคิดว่าตนเองเรียนรู้อะไรในสะเต็มทั้งแนวคิดและแนวปฏิบัติ ดังผลงานของผู้เรียนของครูที่นำสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมไปใช้ ดังแสดงในภาพ 2 ที่แสดงให้เห็นการเรียนรู้และการเชื่อมโยงแนวคิดของศาสตร์ทั้งสี่ของผู้เรียนหลังจากทำกิจกรรมวงจรไฟฟ้า



ภาพ 2 การสะท้อนคิดของผู้เรียนในกลุ่ม “กระรอกห้าหาง” เมื่อได้เรียนรู้ผ่านการสร้าง Motor Art Robot ในกิจกรรมวงจรไฟฟ้า (อัฒพจน์ที่ 18:2)

ประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่งที่สอดคล้องกับแนวคิด STEM-PBL คือ ผลลัพธ์ที่กำหนดไว้ว่าเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ของกิจกรรมนั้นต้องชัดเจนและสอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง Sahin (2013) ได้เสนอแนะไว้ว่า ขึ้นอยู่กับโรงเรียนว่าอิงมาตรฐานใด โดยอาจจะเป็นมาตรฐานการเรียนรู้ท้องถิ่น รัฐ หรือรัฐบาลกลางก็ได้ในกรณีของประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ในประเทศไทย การศึกษาขั้นพื้นฐานอิงตามมาตรฐานที่กำหนดในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นอกจากนี้การไม่กำหนดขั้นตอนที่ชัดเจนว่าผู้เรียนต้องทำอะไรเพื่อที่จะสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานปลายทางได้ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนตีความปัญหา เงื่อนไข ความคาดหวัง หรือข้อจำกัด ที่จะนำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรมในการแก้ปัญหา หรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานตามเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งเป็นการพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้เรื่องสะเต็มของผู้เรียนได้

เมื่อพิจารณาในประเด็นสื่อการเรียนรู้ในฐานะทรัพยากรการเรียนรู้ ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนผ่านกิจกรรมสะเต็ม พบว่ามีลักษณะสำคัญคือ เป็นสื่อการเรียนรู้ที่จัดหาได้ง่ายและบางส่วนเป็นอุปกรณ์เครื่องเขียนที่หาโดยเฉพาะในบริบทของโรงเรียน ซึ่งพบว่าครูที่เข้าร่วมโครงการวิจัย สามารถดำเนินการกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม ได้ด้วยตนเองจากการจัดหาสื่อการเรียนรู้จากกิจกรรมที่ได้รับประสบการณ์ในช่วงการพัฒนาวิชาชีพครู อย่างไรก็ตามการเรียนรู้สะเต็มที่เชื่อมโยงไปยังโลกชีวิตจริงจำเป็นต้องมีเครื่องมือเฉพาะทางเช่นกัน อุปกรณ์เฉพาะทางอย่างรีแฟรคโทมิเตอร์ สเต็ตโทสโคป มัลติมิเตอร์ จึงช่วยให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ที่เชื่อมโยงกับสะเต็มในชีวิตจริง โดยเฉพาะกลุ่มอาชีพสะเต็ม ในส่วนของเครื่องมือเทคโนโลยีมีการใช้สื่อดิจิทัล โดยอุปกรณ์ที่ใช้มากที่สุดคือ โทรศัพท์มือถือ หรือสมาร์ทโฟน ทั้งนี้การใช้แอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ สร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือสืบเสาะหาความรู้สอดคล้องกับนโยบายดิจิทัลของประเทศ (กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, 2559) สะท้อนแนวคิดนวัตกรรมและสื่อในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 (ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, 2559) และสอดคล้องกับแนวโน้มของโลกที่เศรษฐกิจส่วนใหญ่จะผูกกับเทคโนโลยีมือถือ (Mobile technology) ซึ่งนับว่าเป็นเทคโนโลยีที่ส่งผล

กระทบรุนแรง (Disruptive technology) ที่จะส่งผลกระทบต่ออนาคตของผู้เรียน และส่งผลกระทบต่อวิถีการดำเนินชีวิตของผู้คนในอนาคต (สุทธิดา จำรัส, 2560ก) มีข้อมูลยืนยันด้วยว่าเทคโนโลยีมือถือที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต รวมถึงโทรศัพท์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต กล้องมือถือ นาฬิกา ฯลฯ ส่งผลกระทบมากที่สุดเมื่อแสดงเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจเทียบกับเทคโนโลยีอื่น ๆ (Manyika *et al.*, 2013) และคาดการณ์ว่าจากนี้ไปอีกไม่น้อยกว่า 1 ทศวรรษ เทคโนโลยีนี้จะเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางธุรกิจ ลักษณะการจัดการองค์กร รวมไปถึงวิถีการใช้ชีวิตของผู้คน (Geng, 2016) สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในกิจกรรมจึงจำเป็นต้องสะท้อนวิสัยทัศน์ในข้อนี้ด้วยเช่นกัน เพื่อเตรียมคนสำหรับอนาคต

เมื่อนำสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมเพิ่มเติมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมมาวิเคราะห์เนื้อหา พบว่ามีลักษณะสำคัญสอดคล้องกับกรอบแนวคิดที่ได้มาจากการศึกษาเอกสารและทบทวนวรรณกรรม แต่มีข้อค้นพบที่น่าสนใจต่อการอภิปรายหลายประเด็น เช่น การบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในประเด็นเนื้อหาและกิจกรรม อาจจะไม่ใช่วิธีใหม่สำหรับครูหรือนักการศึกษาอีกต่อไป เนื่องจากสื่อการเรียนรู้และตัวอย่างกิจกรรมรวมทั้งตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ มีอย่างแพร่หลายทั้งในเว็บไซต์และสื่อสิ่งพิมพ์ ที่ครูสามารถเข้าถึงได้ง่าย เช่น ในเว็บไซต์ <http://www.stemedthailand.org/> รวมทั้งโครงการพัฒนาวิชาชีพครูที่จัดโดยหลายหน่วยงานในช่วงปี พ.ศ. 2559-2560 แต่หลักการออกแบบกิจกรรมเหล่านั้น ควรได้รับการสะท้อนคิดภายหลังกิจกรรมพัฒนาวิชาชีพครู ดังตัวอย่างในตาราง 2 มิฉะนั้น ผู้เข้าร่วมกิจกรรมการพัฒนาวิชาชีพจะได้เพียงประสบการณ์การเรียนรู้กิจกรรมเพิ่มเติมดังกล่าวเท่านั้น แต่ไม่ได้เข้าใจและรับรู้ถึงที่มาของหลักการ วิธีคิดของการพัฒนากิจกรรมดังกล่าว เพื่อจะนำไปพัฒนากิจกรรมในบริบทของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรกันยา แก้วกลมและคณะ (2561) ที่พบว่าการศึกษาที่ครูขาดความชัดเจนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในบางประเด็น ทำให้ให้ครูไม่สามารถนำเนื้อหาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตรในแต่ละสาระการเรียนรู้มาบูรณาการในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยตนเอง ทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในชั้นเรียนและการกำหนดแนวทางในการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษายังขาดประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ถอดบทเรียนของหลักการพัฒนาสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมเพิ่มเติมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม ออกมาในช่วงสะท้อนคิด ดังที่ครูคนหนึ่งได้กล่าวไว้ว่าประเด็นของ “ความก้าวหน้าในการเรียนรู้” เป็นสิ่งที่การพัฒนาวิชาชีพครูในครั้งนี้แตกต่างจากการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มอื่น ๆ แต่ที่แท้จริงแล้วผู้วิจัยเห็นว่าการออกแบบกิจกรรมใด ๆ ล้วนแต่มีหลักวิธีคิดและที่มา เพียงแต่ว่าจะมีช่วงเวลาของการสะท้อนคิด หลักการ ที่มา และอธิบายสิ่งที่อยู่ภายใต้การออกแบบกิจกรรมหรือไม่ ซึ่งประเด็นนี้เป็นสิ่งสำคัญไม่น้อยไปกว่าการที่ให้ครูได้ผ่านประสบการณ์กิจกรรมสะเต็ม ดังนั้น จากหลักคิดหรือกรอบแนวคิดที่ได้มาจากการทบทวนวรรณกรรมและสังเคราะห์ลักษณะสำคัญของกิจกรรมสะเต็มศึกษา นำไปสู่การออกแบบและพัฒนาสื่อและกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วจึงนำไปใช้ในการพัฒนาวิชาชีพครู หลังการดำเนินกิจกรรม หลักการทั้ง 6 ได้ถูกนำเสนอและสะท้อนคิดร่วมกันกับครูผู้เข้าร่วมโครงการ จากนั้นจึงเข้าสู่กิจกรรมการออกแบบและพัฒนากิจกรรมสะเต็มของครู ซึ่งประเด็นทั้ง 6 ถูกคาดหวังให้เป็นหลักการออกแบบกิจกรรมของครูเช่นกัน ดังนั้น ข้อค้นพบสำคัญไม่ใช่เพียงการได้มาซึ่งลักษณะสำคัญของกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม เท่านั้น แต่ต้องใช้

ข้อค้นพบนี้ในการอภิปรายเชื่อมโยงไปยังการออกแบบกิจกรรมเสริมของครูด้วยเช่นกัน ทำให้เห็นว่าการเรียนรู้และกิจกรรมเสริมๆ เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการพัฒนาวิชาชีพครูให้สามารถออกแบบและพัฒนากิจกรรมเสริมของตนเองได้ การสะท้อนคิดและถอดบทเรียนเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ครูประยุกต์สิ่งที่ได้ปฏิบัติและเรียนรู้ไปสู่การออกแบบและปฏิบัติในบริบทของตนเอง (Avery & Reeve, 2013)

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย “การพัฒนาการรู้เรื่องเสริมของครูระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานด้วยสื่อและกิจกรรมเสริมเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม” ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2560

References

- Association of American Universities. (2013). *Framework for systemic change in undergraduate STEM teaching and learning*. Retrieved from https://www.aau.edu/sites/default/files/STEM_Scholarship/AAU_Framework.pdf
- Avery, Z. K., & Reeve, E. M. (2013). Developing effective STEM professional development programs. *Journal of Technology Education*, 25(1), 55-69.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning*. Rotterdam: SensePublishers. doi, 10(1007), 978-94.
- Baranyai, K., Jennifer, B., Samira, H., Roslyn, P., Phillippa, S., & Chris, W. (2016). *AUSTRALIA'S STEM WORKFORCE Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Retrieved from http://www.chiefscientist.gov.au/wpcontent/uploads/AustraliasSTEMWorkforce_for-distribution.pdf
- Bevan, B., Gutwill, J. P., Petrich, M., & Wilkinson, K. (2015). Learning Through STEM-Rich Tinkering: Findings From a Jointly Negotiated Research Project Taken Up in Practice. *Science Education*, 99(1), 98–120. <https://doi.org/10.1002/sc.21151>
- Chindanurak, T. (2016). Innovation and Media in Science Teaching and Learning in the 21st Century. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts)*. 9(1), 560-581.
- Chamrat, s. (2017a). *kān rīanrū thī būranākān rūām kap theknōlōyī*. [Technology Integrated Learning]. Faculty of Education, Chiang Mai University. Bangkok: Jaransanitwong Publishing.
- Chamrat, s. (2017b). *sa tem suksā bon sēnthāng wichākān rapchai sangkhom : čhut plīān kān rīanrū su 'anākhōt*. [STEM Education on the Road of Socially-Engaged Scholarship: Game Changer for Future Learning]. *Kasetsart Educational Review*, 31(3), 34-47.
- Chamrat, s. (2017c). *niyām khōṅg sa tem læ laksana samkhan khōṅg kitchākam kān rīanrū tām nāō sa tem suksā*. [The Definition of STEM and Key Features of STEM Education Learning Activity]. *STOU Education Journal*, 10(2), 13-34.

- Chamrat, S. (2018). The Science Camp Model based on maker movement and tinkering activity for developing concept of electricity in middle school students to meet standard evaluation of ordinary national educational test (O-NET). *AIP Conference Proceedings*, 1923(1), 30008. <https://doi.org/10.1063/1.5019499>
- Chulawattanaorn, M. (2012). Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education. Concept Paper for the IPST Steering Committee Meeting.
- Fairweather, J. (2008). *Linking evidence and promising practices in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) undergraduate education*. Board of Science Education, National Research Council, The National Academies, Washington, DC.
- Geng, H. (Ed.). (2016). *Internet of Things and Data Analytics Handbook*. John Wiley & Sons.
- Hawthorne, J., Kelsch, A., & Goodwin, B. (2016). Learning What “Works” in Transforming Pedagogy Within a STEM Curriculum. Retrieved from <http://cop.hlcommission.org/Teaching-and-Learning/hawthorne16.html>
- Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P., & Marrs, A. (2013). *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy (Vol. 12)*. San Francisco, CA: McKinsey Global Institute.
- Myers, A., & Berkowicz, J. (2015). *The STEM shift: A guide for school leaders*. Corwin Press.
- Ministry of Digital Economy and Society. (2016). phæñ phatthanā dīchithan phūā sētthakit læ sangkho. [Digital for Economy and Society development Plan] Retrieved from http://www.mdese.go.th/assets/portals/1/files/590613_4Digital_Economy_PlanBook.pdf
- 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.
- Neuendorf, K. A. (2002). *The content analysis guidebook*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Office of the Education Council. (2016). rāingān kānwīchāi phūā čhattham khōṣāncōē nayōbāi kān songsoēm kānčatkān suksā dān sa tem khōṅ prathēt Thai [Research report for policy recommendations for the Support of STEM Education in Thailand]. Bangkok: Prik Wan Graphic.

- Rothwell, J. (2013). The hidden STEM Economy. *Washington, DC: Brookings*, (June), 1–38.
Retrieved from http://www.brookings.edu/~media/Research/Files/Reports/2013/06/10_stem_economy_rothwell/SrvyHiddenSTEMJune3b.pdf
- Sahin, A. (2013). STEM Project-Based Learning. In *STEM Project-Based Learning* (pp. 59-64). SensePublishers, Rotterdam.
- Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1).
<https://doi.org/10.1007/s10798-011-9160-x>
- The National Legislative Assembly of Thailand. (2016).) . raīngān kānpichāranā suksā khōṣāncē chōēng nayōbāi sa tem suksā nayōbāi chōēng ruk phūā phatthanā yaowachon læ kamlang khon dān witthayāsāt theknōlōyī witsawakammasāt læ khanittasāt [The study of STEM Education Policy recommendation report: Active policy for youth and Science, Technology, Engineering and Mathematics workforce development]
Retrieved from http://library2.parliament.go.th/giventake/content_nla2557/d101558-19.pdf
- Kaewklom W., Khumwong, P. and C. Dahsah. (2018). Current Situation, Problem and Needs for STEM Learning of Primary Science Teacher. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts)*. 11(3), 2092-2112.
- Wongsithuwiset, P. and Jaroopipatkul, N. (2017). kap dak sētthakit thī rōkā rōkāo khām [Middle Income Trap: Trap that waits for to be overcome]. *Economy Analysis*, Retrieved from https://www.bot.or.th/Thai/ResearchAndPublications/DocLib_/Article_7Nov2017.pdf

