

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วโรปภา อารีราษฎร์*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยเทคนิคอิตีแอฟอาร์ 2) พัฒนาคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) ศึกษาผลการทดลองใช้คู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) ศึกษาการยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ การดำเนินการวิจัย แบ่งเป็น 4 ระยะ คือ ระยะที่ 1 สังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ ระยะที่ 2 พัฒนาคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ ระยะที่ 3 ทดลองใช้คู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ และระยะที่ 4 ศึกษาการยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น กลุ่มเป้าหมายในการสังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคอิตีแอฟอาร์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 21 คน กลุ่มเป้าหมายในการทดลองใช้คู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 24 คน และ กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาการยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้เป็นครูผู้สอน ระดับประถมศึกษา จำนวน 79 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การพับจรวด แบบสอบถามด้วยเทคนิคอิตีแอฟอาร์ แบบสอบถามความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และคู่มือ และแบบสอบถามการยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นสถิติพื้นฐาน คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มัชยฐาน และพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการสังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคอิตีแอฟอาร์ เก็บข้อมูลจากผู้ทรงคุณวุฒิ 21 คน จำนวน 3 รอบ ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติจากความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ เมื่อพิจารณาจากค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ พบว่า ส่วนใหญ่ ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเป็นฉันท์มาตมต้องประสงค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การพับจรวด สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง มีเป้าหมายสำหรับครูผู้สอน เพื่อให้ครูเข้าใจในกระบวนการบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ง่ายไม่ซับซ้อน เป้าหมายสำหรับนักเรียน เพื่อส่งเสริมคุณลักษณะของนักเรียน ในการใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ เรียนรู้ร่วมกัน วางแผนการทำงาน บูรณาการการเรียนรู้ และมีความรับผิดชอบ ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้และคู่มือ โดยรวมและรายด้านมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด 3) ผลการทดลองใช้คู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษากับกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 24 คน พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้ทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุดตามลำดับ คือ ด้านพฤติกรรมของผู้เรียน ด้านความรู้ความเข้าใจในการเรียนรู้ และด้านความพึงพอใจในการเรียนรู้ และ 4) ผลการศึกษาการยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้จากครูผู้สอน จำนวน 79 คน ทั้งโดยรวมและรายด้านครูผู้สอนให้การยอมรับคู่มืออยู่ในระดับมากที่สุดตามลำดับ ทั้งด้านการส่งเสริมผู้เรียนและด้านกิจกรรมการเรียนรู้

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา, กิจกรรมการเรียนรู้, การพับจรวด, เทคนิคการวิจัยแบบอิตีแอฟอาร์

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
โทร. +668 1974 5464 อีเมล: dr.worapapha@rmu.ac.th



Developing an Integrative Learning Activities Based on STEM Education Approach

Worapapa Arreerard*

Abstract

The purposes of the research were to synthesize an integrative learning activities components based on STEM education approach, to develop a handbook on integrative learning activities based on STEM education approach, to assess the outcomes of implementing the handbook, and to find the acceptance of the handbook. The research was divided into four phases: 1) synthesizing learning activities components, 2) developing a handbook on learning activity, 3) implementing the handbook and 4) finding the acceptance of the handbook. The target population consisted of twenty-one experts for synthesizing activity by Ethnographic Delphi Futures Research: EDFR technique and twenty-four 6th grade students for using the handbook. The sample was seventy-nine primary school teachers for finding the acceptance of the handbook. The instruments were teacher's handbook, three sets of questionnaires on EDEF technique, effectiveness of the learning activity, handbook and acceptance of the handbook. The statistics used were the percentage, mean, standard deviation, median and interquartile range. The research results showed that the overall opinion of the experts regarding EDFR technique agreed strongly with the components of integrative learning activities based on STEM education approach. Regarding the results of using the handbook, the findings indicated that the average effectiveness of the handbook on integrative learning activity regarding the comprehension of the teachers and the required qualities of the students was at the highest level. The average score of the students after using integrative learning activities based on STEM education approach regarding learner's behaviors, knowledge and satisfaction was at the highest level. The overall acceptance of the teachers toward the handbook on integrative learning activities based on STEM education approach regarding learner development and learning activities was at the highest level.

Keywords: STEM Education, Learning Activities, Rocket folding, Ethnographic Delphi Futures Research

* Assistant Professor, Rajabhat Maha Sarakham University
Tel. +668 1974 5464 e-mail: dr.worapapha@rmu.ac.th

1. บทนำ

การศึกษาแบบสะเต็ม (STEM Education) เป็นผลมาจากการศึกษาที่มีข้อเสนอในการปฏิรูปในสาขาวิชาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เนื่องจากมีผลการวิจัยอย่างกว้างขวางแสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดที่สำคัญของการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม [1] การบูรณาการแบบสะเต็ม เป็นวิธีการแบบสหวิทยาการเพื่อการเรียนการสอนที่จัดอุปสรรคแบบดั้งเดิมที่แยกเป็นสาขา วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยนำมารวมไว้ในประสบการณ์การเรียนรู้ในโลกแห่งความจริงที่เกี่ยวข้องสำหรับผู้เรียน [2] การศึกษาแบบสะเต็ม ได้รับการออกแบบสำหรับการบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์เข้ากับการศึกษาระดับ K-12 เป็นครั้งแรก [3] และได้รับความนิยมกลายเป็นวิธีการตอบสนองความต้องการของนักเรียนที่มีพรสวรรค์ทางคณิตศาสตร์ ให้โอกาสทั้งการเรียนรู้และเพิ่มความลึกของการเรียนรู้ เป็นโอกาสสำหรับนักเรียนที่มีแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ รวมทั้งการเข้าเรียนในวิทยาลัย การศึกษาแบบสะเต็มจะส่งผลให้นักเรียนใช้เวลาในการทำความเข้าใจน้อยลง [4] สะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน [5] สอดคล้องกับแนวทาง การพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา ด้านทักษะการคิด โดยเฉพาะ การคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ด้านคุณลักษณะผู้เรียนมีทักษะการทำงาน ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ และการเป็นผู้นำ ยอมรับฟังและ น้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

ประเทศไทยให้ความสำคัญกับการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อยกระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนให้สอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยในปี 2556 นักวิชาการของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ สสวท. ได้สนใจในการบูรณาการการสอนใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ ด้านวิทยาศาสตร์ (S-Science) ด้านเทคโนโลยี (T-Technology) ด้านวิศวกรรม (E-Engineering) และด้านคณิตศาสตร์ (M-Mathematics) เพื่อการพัฒนาและส่งเสริมโครงการ STEM Education [6] ซึ่งต่อมาการศึกษาแบบสะเต็ม ถือเป็นนโยบายหลักของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน หรือ

สพฐ. เพื่อให้ครูได้นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน ที่เป็นการเรียนแบบยืดหยุ่น [7] รัฐบาลและกระทรวงศึกษาธิการ ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาครูและบุคลากรการศึกษา ให้สามารถบูรณาการนวัตกรรมเข้ากับการเรียนการสอนเพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 [6] โดยรูปแบบของนวัตกรรมที่เกิดขึ้นต้องสร้างให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงวิพากษ์ และการคิดเชิงสร้างสรรค์ รวมถึงสามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปเชื่อมโยงเข้ากับวิถีชีวิตและในสังคม อันจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสิทธิผลสูงสุดจากการจัดการศึกษา

แนวทางการพัฒนาการเรียนการสอนที่สนับสนุนทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยการนำองค์ความรู้ที่เป็นนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ครูผู้สอนมีความรู้ความเข้าใจในนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยใช้วิธี การฝึกอบรม [8] ซึ่งการฝึกอบรมจะแสดงให้เห็นถึงภาพองค์ความรู้ในด้านนวัตกรรมเพื่อให้เกิดความเข้าใจและเชื่อมโยงเข้ากับการปฏิบัติโดยเน้นให้ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล [9] การฝึกอบรมจะเน้นไปที่การประเมินผู้เข้าอบรมหรือครูผู้สอนที่เข้าอบรมว่ามีความพึงพอใจหรือมีความเข้าใจรายละเอียดที่จัดอบรมมากน้อยเพียงใด [10] โดยส่วนใหญ่ครูผู้สอนยังไม่ให้ความสำคัญกับนวัตกรรมใหม่ ๆ และยังคงมองว่านวัตกรรมบางอย่างนอกจากจะนำมาซึ่งความยุ่งยากแล้วยังเป็นการเพิ่มภาระงานประจำที่ทำอยู่ให้มากขึ้นเนื่องจากแนวคิดที่ว่าภาระงานประจำที่ครูผู้สอนต้องรับผิดชอบมีมากกว่างานด้านการสอน ทำให้ไม่สามารถพัฒนางานสอนและการเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ [9] ครูผู้สอนถึงแม้จะเรียนรู้และมีความสามารถในการใช้นวัตกรรม แต่ยังคงขาดทักษะในการถ่ายทอดเนื้อหาวิชาให้เกิดความน่าสนใจและไม่สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้และสนใจศึกษาค้นคว้า บางครั้งก็ไม่ได้ประยุกต์ นวัตกรรมเข้ากับชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย เพราะมองว่าสิ่งที่ตนเองเรียนรู้ในชั้นเรียน ไม่ได้เชื่อมโยงกับสิ่งที่ตนเองสนใจและไม่สามารถนำมาปรับใช้กับการดำเนินชีวิตหรือการพัฒนาความเป็นอยู่ได้

จากผลการสำรวจข้อมูลของศูนย์การเรียนรู้ไอซีทีชุมชน [11] เดือนมีนาคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2559 กลุ่ม

ตัวอย่างเป็นครูผู้สอน จำนวน 1,395 คน จากโรงเรียนเครือข่ายไอซีที จำนวน 789 แห่ง พบว่า กลุ่มตัวอย่างรู้จักสะสมศึกษาร้อยละ 93.12 นำสะสมศึกษามาใช้ในการเรียนการสอน ร้อยละ 14.70 สะเต็มศึกษาเป็นสิ่งที่เข้าใจยาก ซับซ้อน ร้อยละ 98.92 ครูสนใจเรียนรู้สะสมศึกษา ร้อยละ 99.57 และสนใจนำสะสมศึกษาไปใช้ ร้อยละ 99.64

การศึกษาวิจัย พัฒนาการความรู้ สู่การให้บริการวิชาการแก่ชุมชน โดยเฉพาะครูและบุคลากรทางการศึกษา เป็นภารกิจหนึ่งของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม [12] จากความสำคัญของนวัตกรรมจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ศึกษา ผู้วิจัยสนใจพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อเผยแพร่ถ่ายทอดให้กับครูผู้สอนนำไปใช้ในการเรียนการสอน ผู้วิจัยคาดหวังว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้ จะเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ง่ายต่อการนำไปใช้และการทำความเข้าใจแนวทางการบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาในการเรียนรู้ของครูและนักเรียน จะส่งผลให้ครูมีความสนใจนำไปใช้ในการเรียนการสอน และสร้างกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาของผู้สนใจ ต่อไป

2. วัตถุประสงค์วิจัย

- 2.1 เพื่อสังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยเทคนิคดีดีแอฟอาร์
- 2.2 เพื่อพัฒนาคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- 2.3 เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้คู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- 2.4 เพื่อศึกษาการยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ในสหวิทยาการ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อ

ดำเนินชีวิต และการทำงาน [13] การบูรณาการมี 4 ระดับ ได้แก่ 1) บูรณาการภายในวิชา (disciplinary) ผู้เรียนจะได้เรียนเนื้อหา และฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน 2) บูรณาการแบบพหุ-วิทยาการ (multidisciplinary) ผู้เรียนจะได้เรียนเนื้อหา และฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกันตามหัวข้อหลัก (theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น 3) บูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) ผู้เรียนจะได้เรียนเนื้อหา และฝึกทักษะจาก 2 วิชาขึ้นไปร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน และ 4) บูรณาการข้ามสาขาวิชา (disciplinary transfer) นอกจากการเรียนรู้เนื้อหาและฝึกทักษะของทั้ง 4 วิชาแล้ว ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้ทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง

คุณลักษณะของผู้เรียนที่ได้รับจากการศึกษาแบบสะเต็ม [14] ได้แก่ การเป็นนักแก้ปัญหา การเป็นนักนวัตกรรม หรือ “นวัตกรรม” การเป็นนักประดิษฐ์ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มจึงมีลักษณะ 5 ประการ [13] ได้แก่ 1) เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 2) ช่วยผู้เรียนเชื่อมโยงเนื้อหาทั้ง 4 รายวิชากับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ 3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 4) ทำทลายความคิดของผู้เรียน และ 5) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 สาขาวิชา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ สสวท. [6] ได้พัฒนาหนังสือรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชื่อ ของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 1 และคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชื่อของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ หนังสือและคู่มือนี้ประกอบด้วยบทเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในรูปแบบบูรณาการ ร่วมกับการเรียนรู้แนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องจักรพื้นฐาน เป็นต้น ซึ่งเมื่อนำไปทดลองใช้และศึกษาความคิดเห็นทั้งครู และผู้เรียน พบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

การศึกษาแนวทางการบูรณาการโดยเทคนิคการวิจัยแบบ Ethnographic Delphi Futures Research: EDFR

เทคนิค เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพเช่นเดียวกับการวิจัยแบบเดลฟาย (Delphi Futures Research) [15] เป็นกระบวนการที่นำไปสู่การได้มาซึ่งความคิดเห็นที่ค่อนข้างสอดคล้องกัน หรือ ฉันทามติ (consensus) ของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือเก็บข้อมูลที่ลดการเผชิญหน้าระหว่างผู้เชี่ยวชาญ ทำให้ขจัดปัญหาผู้เชี่ยวชาญบางท่านที่มีอิทธิพลทางด้านความคิดต่อกลุ่มที่จะส่งผลให้บุคคลอื่นไม่สะดวก ในการแสดงออกหรือการแสดงความคิดเห็นที่ขัดแย้งกัน ดังนั้นการกำหนดคุณสมบัติและจำนวนของผู้เชี่ยวชาญ จึงมีความสำคัญมาก การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยเทคนิค EDFR โดยมากจะดำเนินการ จำนวน 3-4 รอบ หรือจนกว่าจะได้รับความเห็นที่ค่อนข้างสอดคล้องกัน [16] เนื่องจาก ระดับความสอดคล้องทางความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูลจากการศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มบุคคลจะยังมีความหนักแน่น น่าเชื่อถือหากสมาชิกในกลุ่มทุกคนหรือส่วนใหญ่มีความคิดเห็นตรงกัน และเป็นเป้าหมายของการให้ได้ซึ่งข้อสรุปของกลุ่ม โดยในแต่ละรอบใช้ระยะเวลาในการดำเนินการไม่ต่ำกว่า 40 วัน [17] เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลรอบแรกเป็นแบบสอบถามปลายเปิดและรอบต่อไปเป็นแบบสอบถามประมาณค่า โดยทั่วไปใช้การประมาณค่า 5 ระดับ และสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่ามัธยฐาน (Median) ฐานนิยม (Mode) และค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (Interquartile Range) เป็นต้น จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่เหมาะสม [18] พบว่าขนาดตั้งแต่ 17 คนขึ้นไปจะมีอัตราการลดลงของความคลาดเคลื่อนน้อยมากจนคงที่ ทั้งนี้มีนักวิจัยโดยมากอ้างอิงผลการวิจัยนี้ ได้นำไปกำหนดจำนวนผู้เชี่ยวชาญเพื่อเก็บข้อมูลโดยเทคนิค EDFR ที่ใช้จำนวนผู้เชี่ยวชาญไม่ต่ำกว่า 17 คน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การดำเนินการวิจัย แบ่งเป็น 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 สังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2) สังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้เทคนิคอิตีแอฟอาร์ จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 21 คน ดังนี้

รอบที่ 1 สัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้แบบ

สัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง จำนวน 5 ข้อ

รอบที่ 2 สอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยแบบสอบถามประมาณค่า 5 ระดับ ที่นำเอาประเด็นจากการสัมภาษณ์รอบที่ 1 มาจัดทำเป็นข้อคำถาม

รอบที่ 3 ยืนยันคำตอบ นำแบบสอบถามในรอบที่ 2 มาคำนวณค่าสถิติ ใส่ในแบบสอบถาม และนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิกลุ่มเดิมยืนยันคำตอบ

3) สรุปผลการสังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยค่าสถิติ

ระยะที่ 2 พัฒนาคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1) จัดทำกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพับจรวด ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พร้อมกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและเครื่องมือประเมินผล โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยเทคนิคอิตีแอฟอาร์ระยะที่ 1 มาเป็นกรอบในการจัดทำ

2) ทดลองใช้นำร่อง เพื่อปรับปรุงคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหนองไฮ จำนวน 20 คน โดยมีครูผู้สอนร่วมสังเกตการณ์ จำนวน 7 คน

3) ปรับปรุงกิจกรรม นำผลที่ได้จากการทดลองนำร่องประกอบการสัมมนาร่วมกับครูที่เข้าร่วมสังเกตการณ์สอน เพื่อปรับปรุงคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพับจรวด ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้ทำการปรับระยะเวลาการจัดกิจกรรม และคำอธิบายใบงาน ให้สอดคล้องกับกิจกรรม

4) ประเมินความเหมาะสมของคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การพับจรวด โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน

5) วิเคราะห์และสรุปผลด้วยค่าสถิติ และจัดเตรียมคู่มือเพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

ระยะที่ 3 ทดลองใช้คู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1) จัดเตรียมเครื่องมือและกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือที่พัฒนาขึ้น

2) นัดหมายครูและนักเรียนกลุ่มทดลองใช้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหนองไฮ จำนวน 24 คนดำเนินการทดลองใช้ในวันที่ 15 มิถุนายน 2560

3) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือที่พัฒนาขึ้น



4) สอบถามความพึงพอใจและสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียนร่วมกับครูผู้สอน

5) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองใช้คู่มือกิจกรรมการเรียนรู้

ระยะที่ 4 ศึกษาการยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1) จัดเตรียมเครื่องมือและคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยอัปโหลดขึ้น Google Drive

2) นำเสนอคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพับจรวด และผลการทดลองใช้คู่มือ ให้แก่ครูผู้สอนที่สมัครเข้าร่วมกิจกรรมสัมมนา จำนวน 79 คน

3) ฝึกปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือที่พัฒนาขึ้น ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน 3 ชั่วโมง

4) อภิปรายและสรุปผล เพื่อรวบรวมข้อคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพับจรวด ตามคู่มือที่พัฒนาขึ้น

5) สอบถามความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อการยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

4.2 เนื้อหาหรือเทคนิคที่ศึกษา ดังนี้

4.2.1 ด้านเนื้อหา เป็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่บูรณาการกิจกรรมการเรียนรู้ตามกลุ่มสาระที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบบูรณาการให้กับนักเรียน

4.2.2 ด้านเทคนิค เป็นการใช้เทคนิคอีดีแอฟอาร์ ในการสังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ ที่รวบรวมองค์ความรู้ จากผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นผู้มีประสบการณ์สอนแบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 21 คน

4.3 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการทดลอง ทั้ง 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ ในการสังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคอีดีแอฟอาร์ จำนวน 21 คน

1) เป็นครูต้นแบบที่มีประสบการณ์ในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา หรือ สพม. เขต 24 จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ได้รับการยอมรับจากสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน หรือ สพฐ. จำนวน 11 คน

2) เป็นศึกษานิเทศก์และครูผู้สอน ที่สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาเอก สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษาและมีประสบการณ์สอนหรือการนิเทศติดตาม จำนวน 10 คน

ระยะที่ 2 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญประเมินคู่มือเป็นศึกษานิเทศก์ ครูผู้สอน และนักวิชาการศึกษา ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านคอมพิวเตอร์ศึกษา และมีประสบการณ์ในการสอน หรือการนิเทศ ติดตาม ประเมินผล หรือ ผ่านอบรมทางด้านสะเต็มศึกษา จำนวน 9 คน

ระยะที่ 3 กลุ่มตัวอย่างในการทดลองใช้คู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหนองไฮ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษามหาสารคาม เขต 2 หรือ สพป.มค. 2 จำนวน 1 หมู่เรียน รวม 24 คน

ระยะที่ 4 กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาการยอมรับคู่มือเป็นครูผู้สอน ระดับประถมศึกษา สังกัด สพฐ. จำนวน 79 คน คัดเลือกแบบเจาะจง โดยเป็นครูที่สมัครเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา วันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2560

4.4 ระยะเวลา เดือน พฤษภาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2560

4.5 เครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1) คู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การพับจรวด ผู้วิจัยดำเนินการสร้างคู่มือครูตามที่สังเคราะห์จากการวิจัยระยะที่ 1 นำมาทดลองใช้นำร่องก่อนให้ผู้เชี่ยวชาญ 9 คน ประเมินความเหมาะสมของคู่มือ ประกอบด้วยเครื่องมือ 5 รายการ ได้แก่ (1) แบบวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียน (2) แบบสังเกตการเรียนรู้ของผู้เรียน (3) แบบบันทึกการปฏิบัติงาน (4) แบบประเมินผลงานของผู้เรียน และ (5) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน

2) เครื่องมือวิจัยโดยใช้เทคนิคอีดีแอฟอาร์ ดังนี้

2.1) แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ข้อคำถามจำนวน 5 ข้อ มีค่าสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) เท่ากับ 1.00 ทั้ง 5 ข้อ ดังนี้

ข้อที่ 1 องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นอย่างไร

ข้อที่ 2 กิจกรรมการเรียนรู้ การสร้างของเล่น เรื่อง การพับจรวด ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นอย่างไร

ข้อที่ 3 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพับจรวดตามแนวทางสะเต็มศึกษา ควรมีการบูรณาการสาระการเรียนรู้ STEM อย่างไร

ข้อที่ 4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของ



ผู้เรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษากิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพัจจรวดเป็นอย่างไร

ข้อที่ 5 คู่มือครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพัจจรวด ตามแนวทางสะเต็มศึกษาควรมี องค์ประกอบอย่างไร

2.2) แบบสอบถามวัดระดับ 5 ระดับ ข้อคำถาม 5 ด้าน จำนวน 52 ข้อ มีค่าความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ

3) แบบสอบถามความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และคู่มือ ข้อคำถาม 2 ด้าน จำนวน 10 ข้อ มีค่า ความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ

4) แบบสอบถามการยอมรับคู่มือ ข้อคำถาม 3 ด้าน จำนวน 20 ข้อ มีค่าความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ

4.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ สถิติพื้นฐาน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean: M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) มัธยฐาน (Median: MI) และพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (Interquartile Range: IR)

5. ผลการวิจัย

5.1 การสังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยเก็บ รวบรวมข้อมูลด้วยเทคนิคอีดีแอฟอาร์ ระหว่างเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2559 นำมาวิเคราะห์ด้วย ค่าสถิติ มัธยฐาน (MI) และหาค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (IR) จากควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) และควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค EDFR

การวิเคราะห์ข้อมูลจาก EDFR	MI	Q3	Q1	IR
ข้อที่ 1. องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้				
1.1 คุณลักษณะผู้เรียน กับ การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21				
1-การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	5	5	5	0
2-เทคโนโลยีกับการเรียนรู้	5	5	5	0
3-การใช้ไอซีทีในการเรียนรู้	5	5	5	0
4-การเรียนรู้ร่วมกัน	5	5	5	0
5-การบูรณาการสาระการเรียนรู้	5	5	5	0
1.2 สะเต็มศึกษากับการบูรณาการ ส่งผลต่อผู้เรียนด้าน				
1-ความรับผิดชอบ	5	5	5	0
2-การวางแผนการทำงาน	5	5	5	0
3-การทำงานเป็นทีม	5	5	5	0
4-การใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้	5	5	5	0
5-ความคิดสร้างสรรค์การสร้างชิ้นงาน	5	5	5	0

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค EDFR (ต่อ)

การวิเคราะห์ข้อมูลจาก EDFR	MI	Q3	Q1	IR
ข้อที่ 2. องค์ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้การพัจจรวด ตามแนวสะเต็มศึกษา				
2.1 ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้				
1-เรียนรู้ร่วมกัน	5	5	5	0
2-สร้างสรรค์ผลงาน	5	5	5	0
3-บูรณาการความรู้	5	5	5	0
4-ต่อยอดผลงาน	5	5	5	0
5-แลกเปลี่ยนเรียนรู้	5	5	5	0
2.2 สื่อการเรียนรู้ของกิจกรรม				
1-สื่อนำเสนอ	5	5	5	0
2-สื่อวีดิทัศน์	5	5	5	0
3-ตัวอย่างชิ้นงาน	5	5	5	0
4-แบบฝึกกิจกรรม	5	5	5	0
5-แบบบันทึกกิจกรรม	5	5	5	0
6-วัสดุอุปกรณ์ ทำชิ้นงาน	5	5	5	0
7-แบบสรุปการเรียนรู้	5	5	5	0
8-ผังความคิดรวบยอด	5	5	4	1
9-กระดานการเรียนรู้	5	5	4	1
10-Social Media	5	5	5	0
ข้อที่ 3. การบูรณาการสาระการเรียนรู้ STEM กิจกรรมการพัจจรวด				
3.1-กิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกัน				
S-วิทยาศาสตร์	1	2	1	1
T-เทคโนโลยี	5	5	4	1
E-วิศวกรรมศาสตร์	5	5	4	1
M-คณิตศาสตร์	1	2	1	1
3.2-กิจกรรมการสร้างสรรค์ผลงาน				
S-วิทยาศาสตร์	2	2	1	1
T-เทคโนโลยี	4	4	3	1
E-วิศวกรรมศาสตร์	3	3	2	1
M-คณิตศาสตร์	2	3	2	1
3.3-กิจกรรมการบูรณาการความรู้				
S-วิทยาศาสตร์	5	5	4	1
T-เทคโนโลยี	5	5	5	0
E-วิศวกรรมศาสตร์	5	5	5	0
M-คณิตศาสตร์	5	5	5	0
3.4-กิจกรรมการต่อยอดความคิด				
S-วิทยาศาสตร์	5	5	4	1
T-เทคโนโลยี	5	5	4	1
E-วิศวกรรมศาสตร์	5	5	4	1
M-คณิตศาสตร์	4	5	4	1
3.5-กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้				
S-วิทยาศาสตร์	5	5	5	0
T-เทคโนโลยี	5	5	5	0
E-วิศวกรรมศาสตร์	5	5	5	0
M-คณิตศาสตร์	5	5	4	1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค EDFR (ต่อ)

การวิเคราะห์ข้อมูลจาก EDFR	MI	Q3	Q1	IR
ข้อที่ 4. กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพักรวด ตามแนวทางสะเต็มศึกษา				
1-การทดสอบความรู้	4	4	3	1
2-การประเมินทักษะ	4	4	2	2
3-การสังเกตพฤติกรรม	5	5	5	0
4-การประเมินผลการเรียนรู้	5	5	5	0
5-การสอบถามความพึงพอใจ	5	5	5	0
6-การประเมินความคงทนการเรียนรู้	4	5	3	2
7-การประเมินเจตคติ	3	4	2	2
8-ความคิดสร้างสรรค์	5	5	4	1
9-การใช้เทคโนโลยี	5	5	5	0
10-การบูรณาการ	5	5	5	0
ข้อที่ 5. องค์ประกอบของคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้				
5.1 คู่มือครู				
1-หลักการสะเต็ม	5	5	4	1
2-ขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	0
3-เป้าหมายการอบรมครู	5	5	5	0
4-วิธีการอบรมครู	5	5	4	1
5-การประเมินผลครูที่เข้าอบรม	5	5	4	1
6-บทบาทหน้าที่ของครูในการสอน	5	5	5	0
5.2 คู่มือนักเรียน				
1-เป้าหมายการเรียนรู้ของผู้เรียน	5	5	5	0
2-จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	0
3-วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	1
4-สื่อ-เครื่องมือวัดประเมินผล	5	5	5	0
5-การวัด/ประเมินผลผู้เรียน	5	5	5	0
6-เอกสารอ้างอิง	5	5	4	1

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติจากความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยใช้เทคนิค EDFR เมื่อพิจารณาค่า IR พบว่า ส่วนใหญ่ ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเป็นฉันทามติในองค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

5.2 ผลการพัฒนาคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

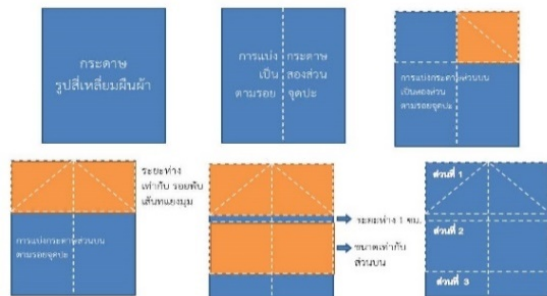
1) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในระยะที่ 1 มาจัดทำองค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การพักรวด สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เวลาในการจัดการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง เพื่อให้ครูเข้าใจในกระบวนการบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา และเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะของนักเรียน ในการใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ เรียนรู้

ร่วมกัน วางแผนการทำงาน บูรณาการการเรียนรู้ และมีความรับผิดชอบ

กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 1

กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การพักรวด		
สื่อการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	เครื่องมือประเมินผล
สื่อนำเสนอ/VDO จรวดพักรวดอย่าง	1-เรียนรู้ร่วมกัน (Learning Together)	แบบสังเกตพฤติกรรม และ
แบบฝึกพักรวด	2-สร้างสรรค์ผลงาน (Group Creating)	แบบประเมินผลงาน
แบบบันทึกรวมทีม	3-บูรณาการความรู้ (Knowledge Integration)	- การเรียนรู้ร่วมกัน
แบบสรุปการเรียนรู้	4-ต่อยอดความคิด (Expand Idea)	- การใช้เทคโนโลยี
บอร์ดกิจกรรม Social media/ Face book	5-แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Shared & Learn)	- ความแข็งแรง/การนำไปใช้ได้ของชิ้นงาน

รูปที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การพักรวด



รูปที่ 2 การแบ่งกระดาษพักรวดตามรอยปะ

จากรูปที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในการบูรณาการเนื้อหาสาระ สามารถปรับตามความพร้อมของนักเรียน ตามความเหมาะสมของบริบทห้องเรียน ความพร้อมของครูและนักเรียน แสดงดังตารางที่ 2 ตารางที่ 3 และ รูปที่ 2 รูปที่ 3

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการบูรณาการกิจกรรม

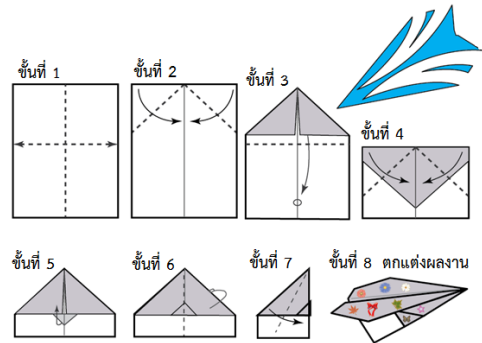
กิจกรรมขั้นที่	การบูรณาการรายวิชา	เนื้อหาสาระที่บูรณาการหรือ กิจกรรม
1. เรียนรู้ร่วมกัน	-	การเรียนรู้ร่วมกัน
2. สร้างสรรค์ผลงาน	E: วิศวกรรม	การออกแบบผลงาน/ชิ้นงาน
	M: คณิตศาสตร์	เรขาคณิต สถิติ
3. บูรณาการความรู้	M: คณิตศาสตร์	เรขาคณิต สถิติ
	S: วิทยาศาสตร์	แรง ทิศทางลม
4. ต่อยอดความคิด	T: เทคโนโลยี	การใช้ไอซีทีในการเรียนรู้ การสืบค้น
	E: วิศวกรรม	การออกแบบสิ่งประดิษฐ์/นวัตกรรม
5. แลกเปลี่ยนเรียนรู้	-	การสรุปผลการเรียนรู้แบบบูรณาการ

ตารางที่ 3 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพับจรวด

ขั้นที่ 1 เรียนรู้ร่วมกัน เวลา 10 นาที
กิจกรรม ผู้สอนนำเสนอวีดิทัศน์แนะนำกิจกรรมการเรียนรู้ “จรวดพับของเล่น” หลังจากนั้นให้นักเรียนจัดกลุ่มตามความสมัครใจ กลุ่มละ 4 คน ให้นักเรียนผลัดกันเล่นจรวดพับหลาย ๆ รูปแบบ ที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้ให้
ขั้นที่ 2 สร้างสรรค์ผลงาน ระยะเวลา 20 นาที
กิจกรรมที่ 1 ครูมอบหมายกิจกรรมชุดที่ 1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม วางแผนการทำงานและกำหนดหน้าที่ โดยครูตั้งคำถามท้าทายนักเรียนกำหนดเงื่อนไขให้นักเรียนได้คิดออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน “นักเรียนจะพับจรวดตามตัวแบบอย่างไรให้จรวดร่อนไปได้ไกลและตรงเป้าหมาย” ให้นักเรียนทุกคนพับจรวดและทดสอบการพุ่งจรวด โดยกระดาษที่พับจะมีรอยปะเพื่อเป็นจุดสังเกตในการพับจรวด ดังรูปที่ 2
กิจกรรมที่ 2 (การบูรณาการคณิตศาสตร์) ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการพับจรวดตามกิจกรรมชุดที่ 1 โดยสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับ *** ลักษณะของรูปเรขาคณิตของกระดาษที่นำมาพับจรวด พื้นที่ของรูปเรขาคณิต ตามเส้นรอยปะที่เกิดจากการพับจรวด หรือตามเส้นปะที่ครูกำหนดไว้ ให้นักเรียนหาพื้นที่ของรูปเรขาคณิตและหาความสัมพันธ์ของรูปแต่ละรูปที่เกิดขึ้น รวมทั้งการหาจำนวนรูปเรขาคณิตที่ปรากฏในกระดาษพับจรวดเพื่อนำไปวางแผนการตกแต่งสี และลวดลาย
ขั้นที่ 3 บูรณาการความรู้ เวลา 20 นาที
กิจกรรมที่ 1 (การบูรณาการคณิตศาสตร์) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดแบ่งหน้าที่เป็นผู้เล่น 2 คน บันทึกข้อมูล และวัดระยะทาง อย่างละ 1 คน นักเรียนผลัดกันพุ่งจรวดคนละ 5 ครั้ง และจดบันทึกการทำงานของกลุ่มในรูปแบบบันทึกกิจกรรม หลังจากนั้นให้แต่ละกลุ่มคำนวณ*** ผลรวมระยะทาง ค่าเฉลี่ยของระยะทาง นับความถี่ของจรวดที่พุ่งตรงตามเป้าหมาย และสรุปผลการพุ่งจรวดของแต่ละกลุ่ม
กิจกรรมที่ 2 (การบูรณาการวิทยาศาสตร์) ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับการพุ่งจรวด ดังนี้ 1) จรวดลักษณะอย่างไรร่อนได้นาน 2) จรวดลักษณะอย่างไรพุ่งไปได้ไกล 3) วิธีการพุ่งจรวดอย่างไรทำจรวดพุ่งไปตรงเป้าหมายที่กำหนด และ 4) ปัจจัยที่เกี่ยวกับการพุ่งจรวดมีอะไรบ้าง
ขั้นที่ 4 ต่อยอดความคิด เวลา 40 นาที
กิจกรรมที่ 1 (การบูรณาการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรม) ครูตั้งคำถามเพื่อท้าทายนักเรียนว่า “จะออกแบบการพับจรวดอย่างไรให้จรวดสวยงาม ร่อนอยู่ในอากาศได้นานที่สุด” หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการพับจรวดโดยค้นหารจวดในรูปแบบต่าง ๆ จากเว็บไซต์ นำมาออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ *** วาดแผนผังและขั้นตอนการพับจรวดพร้อมระบายสีตามต้องการเพื่อให้ได้กระดาษพับจรวดมีสีหรือลวดลายตามที่ต้องการ และทดสอบการร่อนจรวดของกลุ่ม
กิจกรรมที่ 2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มที่ได้ออกแบบพับจรวดตามที่ได้สืบค้นมาแล้วแข่งขันการร่อนจรวดโดยกำหนดเงื่อนไขการแข่งขัน คือ 1) ความสวยงามของจรวด และ 2) จรวดร่อนอยู่ได้นาน
ขั้นที่ 5 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ระยะเวลา 10 นาที
กิจกรรม ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผล การร่อนจรวด ลักษณะของจรวด และการออกแบบจรวด ของแต่ละกลุ่มพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบเหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะอะไร การพับจรวดเป็นของเล่นจากกระดาษและกิจกรรมการพุ่งจรวดให้สำเร้จนั้น มีหลักการและแนวคิด ที่เป็นองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านคณิตศาสตร์อย่างไร และมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างไร ให้นักเรียนสรุปความรู้และจดบันทึกผลการเรียนรู้

หมายเหตุ ***การบูรณาการสามารถปรับเนื้อหาสาระให้สอดคล้องกับ ระดับความรู้พื้นฐานของนักเรียน หรือตามกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูเห็นว่าสมควรและเหมาะสม กับการเรียนรู้ของนักเรียน

จากตารางที่ 3 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพับจรวด ผู้สอนสามารถปรับเนื้อหา/สาระการบูรณาการให้สอดคล้องกับระดับนักเรียน ปรับเวลาในการทำกิจกรรมตามความยากง่าย ความพร้อมของนักเรียน และสภาพห้องเรียนที่ใช้ในการจัดกิจกรรม ทั้งนี้กิจกรรมต่อยอดความคิด หากมีความพร้อมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ อาจจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้นักเรียนออกแบบกระดาษที่จะนำมาพับจรวด โดยการออกแบบโครงสร้างของกระดาษ และการระบายสี เพื่อฝึกกระบวนการคิดสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยใช้ไอซีทีเป็นเครื่องมือ



รูปที่ 3 ขั้นตอนการพับจรวด

2) การหาคุณภาพของคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพับจรวด ผู้วิจัยนำคู่มือพร้อมสื่อ ไปทดลองใช้กับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหนองไฮ วันที่ 10 มกราคม 2560 เวลา 3 คาบ มีครูเข้าร่วมสังเกตการทดลอง จำนวน 7 คน หลังจากนั้นสอบถามความคิดเห็นของครู และนำมาปรับปรุงคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความคิดเห็นของครูร่วมสังเกตการทดลองใช้คู่มือ

กิจกรรม	ระยะเวลา	การบูรณาการ	เห็นด้วย	ร้อยละ
1. เรียนรู้ร่วมกัน	10 นาที	-	7	100.00
2. สร้างสรรค์ผลงาน	20 นาที	E: วิศวกรรม	7	85.71
		M: คณิตศาสตร์		
3. บูรณาการความรู้	20 นาที	M: คณิตศาสตร์	6	100.00
		S: วิทยาศาสตร์		
4. ต่อยอดความคิด	40 นาที	T: เทคโนโลยี	7	100.00
		E: วิศวกรรม		
5. แลกเปลี่ยนเรียนรู้	20 นาที	-	7	100.00

จากตารางที่ 4 พบว่า ครูที่เข้าร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เห็นด้วยกับกิจกรรมการเรียนรู้ อยู่ระหว่างร้อยละ 85.71 – 100.00

3) การประเมินความเหมาะสมคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพักรวด โดยผู้เชี่ยวชาญ 9 คน แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความเหมาะสมของคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้

รายการความเหมาะสม	\bar{X}	SD.	แปลผล
1. องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้	4.51	0.63	มากที่สุด
1) หลักการและแนวคิด	4.56	0.73	มากที่สุด
2) กิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียน	4.56	0.53	มากที่สุด
3) สื่อและเครื่องมือการประเมินผล	4.44	0.53	มาก
4) เทคโนโลยีที่ใช้ในการเรียนรู้	4.56	0.53	มากที่สุด
5) การบูรณาการกิจกรรมการเรียนรู้	4.44	0.88	มาก
2. คู่มือครู	4.53	0.63	มากที่สุด
1) ความชัดเจนของกิจกรรม	4.67	0.50	มากที่สุด
2) ความชัดเจนในการอธิบายขั้นตอนกิจกรรม	4.33	0.71	มาก
3) ความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้กับการประเมินผล	4.44	0.73	มาก
4) ความสมบูรณ์ของคู่มือครูในแต่ละกิจกรรม	4.67	0.50	มากที่สุด
5) ความง่ายในการนำไปใช้	4.56	0.73	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน	4.58	0.58	มากที่สุด
1) ความชัดเจนในการทำกิจกรรม	4.67	0.50	มากที่สุด
2) ความเหมาะสมของเวลา	4.56	0.73	มากที่สุด
3) ความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.56	0.53	มากที่สุด
4) ประโยชน์ในการเรียนรู้แบบบูรณาการ	4.56	0.73	มากที่สุด
5) ความสอดคล้องของสื่อกับกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน	4.56	0.53	มากที่สุด
โดยรวม	4.54	0.61	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 พบว่า ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้และคู่มือ โดยรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายด้านพบว่ามีความเหมาะสม ในระดับมากที่สุดตามลำดับ คือ กิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ($\bar{X} = 4.58$, $SD = 0.58$) คู่มือครู ($\bar{X} = 4.53$, $SD = 0.63$) และองค์ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.51$, $SD = 0.63$)

5.3 ผลการทดลองใช้คู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยนำคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การพักรวดไปทดลองใช้กับนักเรียน โรงเรียนบ้านหนองไฮ วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2560 จำนวน 24 คน ผลการเรียนรู้

แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากกิจกรรม

ผลการเรียนรู้	\bar{X}	SD.	แปลผล
1. ด้านพฤติกรรมของผู้เรียน	4.88	0.33	มากที่สุด
1) ใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์	4.67	0.48	มากที่สุด
2) เรียนรู้ร่วมกัน	5.00	0.00	มากที่สุด
3) วางแผนการทำงาน	4.96	0.20	มากที่สุด
4) บูรณาการการเรียนรู้	4.83	0.38	มากที่สุด
5) มีความรับผิดชอบ	4.92	0.28	มากที่สุด
2. ด้านความเข้าใจในการเรียนรู้	4.87	0.34	มากที่สุด
1) การพักรวด	5.00	0.00	มากที่สุด
2) ด้านวิทยาศาสตร์	4.71	0.46	มากที่สุด
3) ด้านคณิตศาสตร์	4.88	0.34	มากที่สุด
4) ด้านเทคโนโลยี/การสืบค้น	5.00	0.00	มากที่สุด
5) ด้านวิศวกรรม/การออกแบบ	4.75	0.44	มากที่สุด
3. ความพึงพอใจในการเรียนรู้	4.79	0.41	มากที่สุด
1) กิจกรรมการเรียนรู้ พักจรด	4.79	0.41	มากที่สุด
2) การเรียนรู้แบบบูรณาการ	4.54	0.51	มากที่สุด
3) การทำงานเป็นทีม	4.83	0.38	มากที่สุด
4) การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้	4.92	0.28	มากที่สุด
5) การใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้	4.88	0.34	มากที่สุด

จากตารางที่ 6 พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้ทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุดตามลำดับ คือ ด้านพฤติกรรมของผู้เรียน ด้านความเข้าใจในการเรียนรู้ และด้านความพึงพอใจในการเรียนรู้

5.4 การศึกษาการยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยนำคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้เสนอต่อครูผู้สอนสังกัด สพฐ. จำนวน 79 คน แสดงความคิดเห็น แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความคิดเห็นที่มีต่อการยอมรับคู่มือ

การยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้	\bar{X}	SD.	แปลผล
1. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้	4.51	0.76	มากที่สุด
1) ประโยชน์ของกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพักรวด ที่มีต่อการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน	4.43	0.73	มาก
2) ความง่ายในการใช้คู่มือของครูผู้สอน ในการจัดกิจกรรม	4.53	0.84	มากที่สุด
3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ต่อการบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา	4.46	0.83	มาก
4) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ในการส่งเสริมคุณลักษณะของผู้เรียน	4.62	0.63	มากที่สุด

ตารางที่ 7 ความคิดเห็นที่มีต่อการยอมรับคู่มือ (ต่อ)

การยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้	\bar{X}	SD.	แปลผล
2. ด้านการส่งเสริมผู้เรียน	4.64	0.68	มากที่สุด
1) ใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์	4.87	0.33	มากที่สุด
2) เรียนรู้ร่วมกัน	4.65	0.62	มากที่สุด
3) วางแผนการทำงาน	4.65	0.72	มากที่สุด
4) บูรณาการการเรียนรู้	4.51	0.86	มากที่สุด
5) มีความรับผิดชอบ	4.51	0.71	มากที่สุด
โดยรวม	4.58	0.72	มากที่สุด

จากตารางที่ 7 พบว่า ความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อการยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการส่งเสริมผู้เรียน และด้านกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุดตามลำดับ

6. สรุปผลและอภิปรายผล

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยสังเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิค EDFR และนำความคิดเห็นที่เป็นฉันทามตินำมาจัดทำเป็นองค์ประกอบในการพัฒนาคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการพับจรวด ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เวลา 3 ชั่วโมง มีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะของผู้เรียน ในการใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ เรียนรู้ร่วมกัน วางแผนการทำงาน บูรณาการการเรียนรู้ และ มีความรับผิดชอบ ประกอบด้วย กิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน พร้อมสื่อการเรียนรู้ และเครื่องมือประเมินผล ผู้วิจัยนำคู่มือพร้อมเครื่องมือการวิจัย ไปทดลองใช้นำร่องและปรับปรุง ก่อนนำเสนอผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสม โดยคู่มือที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด หลังจากนั้นนำไปทดลองใช้ และเก็บรวบรวมผลการเรียนรู้ของผู้เรียน พบว่า โดยรวมพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนแสดงออกอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาสาระในการเรียนรู้และมีความพึงพอใจในการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้ดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบโดยอาศัยความคิดเห็นแบบมีส่วนร่วมที่เป็นฉันทามติของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอน โดยกระบวนการวิจัยแบบ EDFR กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เป็นกิจกรรมที่เหมาะสม สอดคล้อง

กับวัยและความพร้อมของผู้เรียนและห้องเรียน ที่ผู้สอนสามารถปรับเนื้อหา/สาระ หรือกิจกรรมการบูรณาการตามความพร้อม การรับรู้ และการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเน้นกิจกรรมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ร่วมวางแผนออกแบบ และพัฒนาชิ้นงาน โดยใช้สื่อที่สอดคล้องกับบริบทและสภาพของห้องเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า แลกเปลี่ยนเรียนรู้ไปพร้อมกับการเรียนและเล่น เกิดความสนุกสนาน รักและชอบในการเรียน สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคนในศตวรรษที่ 21 [4, 5] ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อีกทั้งจากการศึกษาการยอมรับคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ครูผู้สอนยอมรับคู่มือ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก แนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยนำเนื้อหาสาระที่ง่ายไม่ซับซ้อน มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้ครูและนักเรียนเข้าใจเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ง่าย ไม่ซับซ้อน อีกทั้งกิจกรรมยังมีช่องทางหรือแนวทางให้เลือกบูรณาการเนื้อหาสาระตามประสบการณ์ของครูและนักเรียน ในบริบทของการเรียนการสอน ช่วงชั้น วยและระดับการเรียนรู้ [6] และเป็นกิจกรรมที่เรียนปนเล่น และที่สำคัญ ครูและนักเรียนมองเห็นและจับต้อง สามารถทดลองใช้ได้ เพื่อให้การสอดแทรกความรู้การบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้นักเรียนได้เรียนรู้ และให้ครูนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป สอดคล้องกับ มณฑล [19] และสำนักนวัตกรรม [20] กล่าวว่า นวัตกรรมที่ได้รับการยอมรับเป็นนวัตกรรมที่ปรับเข้าได้กับบริบทและของที่มีอยู่ สังเกตเห็น ทดลอง และจับต้องได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ ครูและนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองโฮ และคุณครูที่เข้ารับการอบรม ร่วมกับศูนย์การเรียนรู้ไอซีทีชุมชน คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้ความร่วมมือทดลองใช้คู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น



8. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Henderson and MH. Dancy. (2011). [online]. Increasing the Impact and Diffusion of STEM Education Innovations. [cited November 20, 2017]. Available from : <https://www.nae.edu/File.aspx?id=36304>
- [2] J.Vasquez, C. Sneider and M. Comer. (2013). STEM Lesson Essentials : Integrating Science Technology Engineering and Mathematics. Portsmouth NH : Heinemann.
- [3] J. Wai, D. Lubinski, C. Benbow and J. Steiger. (2010). “Accomplishment in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) and Its Relation to STEM Educational Dose: A 25-Year Longitudinal Study.” Journal of Educational Psychology. Vol.102 No. 4 : 860-871.
- [4] B. Rosenblatt. (2005). Prometheus and STEM Education. in Briefing book. SEEK-16 Conference, Washington, DC : National Academy of Engineering.
- [5] Porntip Siripatharachai. (2013). “STEM Education and 21st Century Skills Development,” Executive Journal. Vol.33 No.2 : 49-56. (in Thai)
- [6] Raksapol Thananuwong. (2015). “Learning Science from Toys : A Pathway to Successful Integrated STEM Teaching and Learning in Thai Middle School.” K-12 STEM Education. Vol.1 No.2 : 75-84.
- [7] Tongluck Boontum. (2016). “Leadership in Digital Economy Era and Sustainable Development of Educational Organizations,” Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Vol. 7 No.1 : 217-225. (in Thai)
- [8] Nantawan Thongpituk. (2014). “Flexible Learning is Alternative for Education in the 21st century.” Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Vol.5 No.2 : 208-217. (in Thai)
- [9] Pakphum Pusakulsataporn. (2014). “The development approaches in learning and teaching that skills of learners in the 21st century : A Case Study of training project on using photos to produce an instruction media in Vocational Institutions.” Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Vol.7 No. 1 : 211-216. (in Thai)
- [10] Therdchai Buaphai, Warapapha Arreerad, Tharach Arreerad and Sombat Tayraukham. (2015). “A Model of ICT Competency Training for Teachers in Basic Information Technology and Communications Course primary level in the Basic Core Curriculum of the Basic Education B.E. 2551 under the Office of the Basic Education Commission,” Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Vol.6 No.1 : 68-77. (in Thai)
- [11] Kanjana Dongsongkram, Worapapha Arreerad, Thawatchai Sahapong and Apichat Lagdee. (2017). “Method of Managing Integrated Learning Activities for Academic Services to People in Communities by Applying the Principles of Fundamental Computer.” Journal of Information Technology Management and Innovation. Vol.4 No.1 : 114-124.
- [12] Apichat Lagdee, Somjet Poo Sri and Worapapha Arreerad. (2016). “The Development of a Volunteer Training Activity with PAOR of eDLTV Learning for Small Schools in the Network of Rajabhat Maha Sarakham University.” Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Vol.7 No.2 : 259-267. (in Thai)



- [13] Institute of Promotion of Teaching Science and Technology. (2013). STEM Education. Bangkok : The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (in Thai)
- [14] Morrison J. S. (2006). TIES STEM Education Monograph Series : Attributes of STEM education : The students, the academy, the classroom. Teaching Institute for Essential Science : Ohio state, USA.
- [15] Worasit Charuenput and Pensri Sirinung. (2015). “Future Research Techniques; Delphi Technique.” Western University Research Journal of Humanities and Social Science. Vol.1 No.3 : 26-40.
- [16] Murry J.W. and Hammons, J.O. (1995). “Delphi : A versatile methodology for conducting qualitative research.” The Review of Higher Education. Vol.18 No.4 : 423-436.
- [17] Suwimol Wongwanit. (2005). Evaluation Research on Demand and Necessity. Bangkok : Chulalongkorn University. (in Thai)
- [18] C. Hsu and A. Sandford. (2007). “The Delphi Technique: Making Sense of Consensus.” Practical Assessment Research & Evaluation. Vol.2 No.10 Aug.
- [19] Montale Sasananan. (2009). Technology an Innovation Management. Bangkok : Thammasat University. (in Thai)
- [20] National Innovation Agency. (2012). Innovation Management for Administrator. Bangkok. (in Thai)