

รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว
เพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษา

A MODEL OF EMBEDDED TECHNOLOGY APPLICATION
FOR DEVELOPING STEM COMPUTER PROJECT

วินิตย์ พิชพันธ์¹ วรปภา อารีราษฎร์² และเนตรชนก จันทร์สว่าง³
Winit Pidchapan¹, Worapapha Arreerard², and Natchanok Jansawang³

^{1,2} หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

³ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

^{1,2} Doctor of Philosophy (Information Technology Management) Faculty Of Information
technology, Rajabhat Mahasarakham University, Mahasarakham

³ Department of Chemistry, Faculty Of Science and Technology, Rajabhat Mahasarakham
University, Mahasarakham

E-mail: 599270080108@rmu.ac.th

Received:	June 14, 2020
Revised:	September 14, 2020
Accepted:	September 16, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สังเคราะห์รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว เพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยเทคนิคอิตีเอฟอาร์ 2) พัฒนาคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และ 3) ศึกษาผลการทดลองใช้คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มเป้าหมายในการสังเคราะห์รูปแบบการเทคนิคอิตีเอฟอาร์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 21 คน และกลุ่มเป้าหมายในการทดลองใช้คู่มือเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน และพี่เลี้ยง จำนวน 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถามด้วยเทคนิคอิตีเอฟอาร์ จำนวน 3 ชุด คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และแบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน พิสัยควอร์ไทล์ และสถิติทดสอบสมมติฐาน t-test Dependent

ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ นโยบายการจัดการศึกษา กิจกรรมการเรียนรู้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และ ตัวชี้วัดของรูปแบบ 2) คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย คู่มือวิทยากรและพี่เลี้ยง และคู่มือ

นักเรียน มีความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด และ 3) ผลการทดลองใช้คู่มือ พบว่า นักเรียนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับ มาก

คำสำคัญ

เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว โครงการคอมพิวเตอร์ เทคนิคอีดีเอฟอาร์ สะเต็มศึกษา

ABSTRACT

The objectives of this research are 1) to establish the development A Model of Applied Embedded Technology for Developing STEM Computer Project. through EDFR technique, 2) to develop the Applied Embedded Technology for Developing STEM Computer Project handbook, and 3) to examine to effect of Applied Embedded Technology for Developing STEM Computer Project handbook. The target group of the development A Model of Applied Embedded Technology for Developing STEM Computer Project. Through EDFR technique were 21 professionals. The target group of using handbook were 30 Mattayom 3 junior high school students from school in Saknonakorn Primary Educational Service Area Office 2, 10 instructors and trainers. Research tools were 1) three EDFR questionnaires, 2) The Applied Embedded Technology for Developing STEM Computer Project handbook, 3) Suitability Assessment Form of the Applied Embedded Technology for Developing STEM Computer Project handbooks. The statistic used for data analysis were a percentage, standard deviation, mode, range of quartile, and t-test dependent.

Research results revealed that 1) A Model of Applied Embedded Technology for Developing STEM Computer Project consisted of 3 components including (1) policies of educational management, (2) Activities of STEM Computer Project, and (3) Indicators of Activities of STEM Computer Project. 2) The Applied Embedded Technology for Developing STEM Computer Project handbook for instructors and trainers and for the students. The overall reflective evaluation of the the Applied Embedded Technology for Developing STEM Computer Project handbook by experts is highest level. 3) The result of using Applied Embedded Technology for Developing STEM Computer Project handbooks on students learning achievement showed post-test scores significantly higher than those pre-test at the 0.01 level of significance. The learning outcomes based on STEM education management was in high level.

Keywords

Embedded Technology, Computer Project, EDFR Technique, STEM Education

ความสำคัญของปัญหา

การศึกษาไทยได้ให้ความสำคัญต่อแนวทางการปฏิรูปการศึกษาไปสู่ยุคศตวรรษที่ 21 จาก การที่กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นหลักสูตรที่มุ่งพัฒนาสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนทั้ง 5 ประการ คือ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (Ministry of Education, 2008) ที่สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะ ผู้เรียนในยุคศตวรรษที่ 21 และมุ่งเน้นให้ผู้สอนมีกระบวนการทัศน์ในการพัฒนาผู้เรียนโดยเน้น กระบวนการเรียนรู้สำคัญกว่าความรู้ โดยครูเป็นผู้ออกแบบกระบวนการเรียนรู้ไปพร้อมกับผู้เรียน เป็นการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติการลงมือทำ การเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสนใจของผู้เรียน (Jaikham & Keawkan, 2011) ดังนั้นผู้สอนจึงจำเป็นต้องจัดรูปแบบการสอน หรือเทคนิคการสอนให้ สอดคล้องกับการพัฒนาผู้เรียนในยุคศตวรรษที่ 21

การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM education) เป็นรูปแบบหนึ่งซึ่งมุ่งเน้น ให้ผู้เรียนมีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามกลุ่มวิชา ที่ใช้ความรู้ และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม หรือการทำโครงการที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้น ของผู้เรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวเป็นทักษะการ เรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมี (Pudcha & Yooyuanyong, 2016)

การจัดการเรียนรู้แบบโครงการ ถือเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะ ผู้เรียนในยุคศตวรรษที่ 21 เช่นกัน เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนเลือกเนื้อหาจากความสนใจ ของตัวเอง โดยมีขั้นตอนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ เป็นไปตามแผนการที่วางไว้ ทำให้ได้มาซึ่งคำตอบ หรือองค์ความรู้ด้วยตัวของผู้เรียนเอง (Thettum, 2016) โครงการคอมพิวเตอร์เป็นการเรียนรู้แบบ โครงการอีกแบบหนึ่ง ที่เป็นการรวมกลุ่มกันเพื่อทำกิจกรรมร่วมกันของผู้เรียน เป็นการเรียนรู้ที่เน้น การปฏิบัติจริง ฝึกการเรียนรู้ด้วยการทำงานเป็นทีมร่วมกับผู้อื่น ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีความสำคัญที่มุ่งพัฒนาสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน 5 ด้าน ได้แก่ 1) ความสามารถในการสื่อสาร 2) ความสามารถในการคิด ด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิด อย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการ ใช้ทักษะชีวิต และ 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี อีกทั้งโครงการคอมพิวเตอร์ยังมีคุณค่าต่อการ ฝึกฝนผู้เรียนให้มีความรู้ ความชำนาญและมีความมั่นใจในการนำระบบคอมพิวเตอร์ไปใช้ในการ แก้ปัญหา ประดิษฐ์คิดค้นหรือค้นคว้าหาความรู้ต่าง ๆ ด้วยตนเอง

เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวถือเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือใน การเรียนรู้แบบโครงการ ปัจจุบันมีนโยบายจากหลายหน่วยงานที่พัฒนาและนำระบบเทคโนโลยีสมอง กลฝังตัวลงสู่สถานศึกษาเพื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบ สมองกลฝังตัว เช่น มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ร่วมกับสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ร่วมมือกับ มหาวิทยาลัย 13 แห่งทั่วประเทศ ประยุกต์ใช้ไอซีทีเป็นเครื่องมือยกระดับคุณภาพการศึกษาและ พัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ให้แก่เยาวชนโดยมีบริษัทอินเทล

ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด ร่วมสนับสนุนโครงการไอซีที่ส่งเสริมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สร้าง innovation space : ขยายโอกาสพัฒนาทักษะนวัตกรรมไอที ดำเนินการขยายผลการประยุกต์ใช้ไอซีที่ส่งเสริมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้วยกิจกรรมเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (Embedded technology) เรียนรู้การใช้งานบอร์ด Raspberry pi และ Arduino (National Science and Technology Development Agency, 2016)

จากการศึกษาบริบท และความสำคัญของการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนที่กล่าวมา ผู้วิจัยสนใจศึกษาวิจัย รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว เพื่อพัฒนาโครงการงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยเทคนิคอิตีเอฟอาร์ ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่า ผลการวิจัยจะนำไปสู่การพัฒนา รูปแบบและคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียน มีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การทำงานเป็นทีม และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและมีทักษะ การนำเสนอผลงานการพัฒนาโครงการงานคอมพิวเตอร์ด้วยสมองกลฝังตัว ซึ่งเป็นทักษะจำเป็นในการ เรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน

โจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัย

1. รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ได้จากเทคนิคอิตีเอฟอาร์เป็นอย่างไร
2. คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นอย่างไร
3. ผลการทดลองใช้คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสังเคราะห์รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยเทคนิคอิตีเอฟอาร์
2. เพื่อพัฒนาคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

ประกอบด้วยขั้นตอนการวิจัย 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 สังเคราะห์รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยเทคนิคอิตีเอฟอาร์

ระยะที่ 2 พัฒนาคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ระยะที่ 3 ศึกษาผลการทดลองใช้คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มนักเรียน ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนคุณภาพประจำตำบล สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาศงขต 2 จำนวน 10 โรงเรียน รวมทั้งหมด 431 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากประชากร โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนคุณภาพประจำตำบล สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาศงขต 2 จำนวน 10 โรงเรียน คัดเลือกแบบเจาะจง โดยครูผู้สอนรายวิชาคอมพิวเตอร์คัดเลือกเป็นนักเรียนในชุมชนคอมพิวเตอร์ที่มีความพร้อมและสามารถเข้าร่วมกิจกรรมการอบรมตามคู่มือของรูปแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โรงเรียนละ 3 คน รวมทั้งหมด 30 คน

กลุ่มพี่เลี้ยง ประชากรเป็น เป็นครูผู้สอนรายวิชาคอมพิวเตอร์โรงเรียนคุณภาพประจำตำบล โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาระถมศึกษาศงขต 2 จำนวน 10 โรงเรียน รวมทั้งหมด 14 คน คัดเลือกแบบเจาะจงเป็นครูผู้สอนรายวิชาคอมพิวเตอร์ที่ดูแลชุมชนคอมพิวเตอร์ของโรงเรียนที่มีประสบการณ์หรือเคยอบรมการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวโรงเรียนละ 1 คน รวมทั้งหมด 10 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การวิจัยในระยะที่ 3 นำเครื่องมือที่ได้พัฒนาในระยะที่ 2 มาใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยคู่มือสำหรับวิทยากรและพี่เลี้ยง และคู่มือสำหรับนักเรียนจากการกำหนดรายละเอียดตามรูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากการศึกษาในระยะที่ 1 นำมาพัฒนาเป็นคู่มือและทดลองใช้ในระยะที่ 2 ประเมินความเหมาะสมของคู่มือโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน ด้วยแบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

2. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมและคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

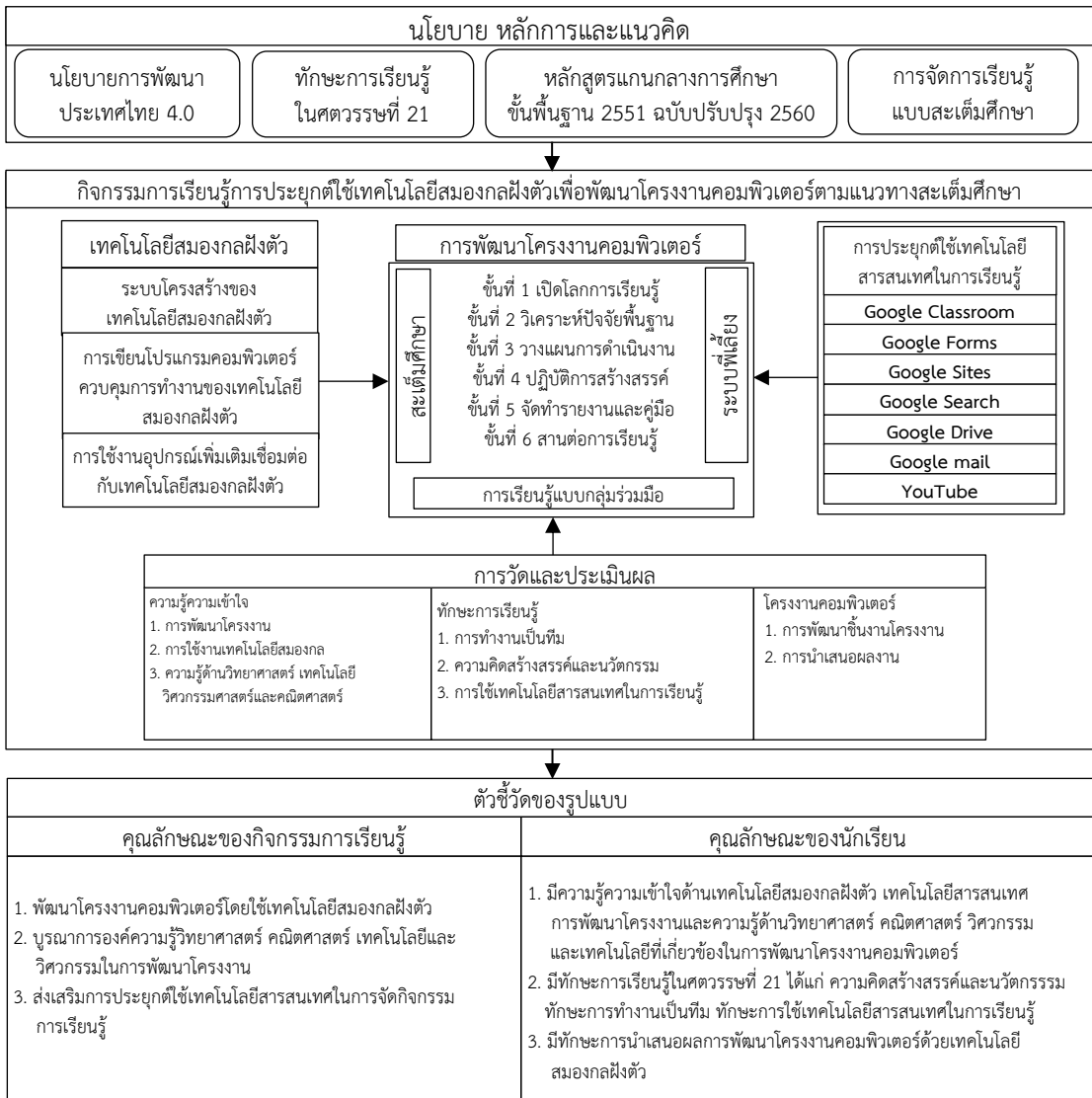
3. แบบสอบถามความพึงพอใจของพี่เลี้ยงที่มีต่อกิจกรรมและคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

ผลการวิจัย

1. ผลการสังเคราะห์รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยเทคนิคอีดีเอฟอาร์

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลการสังเคราะห์รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยเทคนิค อีดีเอฟอาร์ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 21 คน

โดยเก็บข้อมูล จำนวน 3 รอบ วิเคราะห์และสรุปค่าสถิติ จากแบบสอบถามด้วยเทคนิค อีดีเอฟอาร์ รอบที่ 3 มีข้อความถาม 156 ข้อ และเลือกข้อความที่เป็นฉันทามติ (Consensus) ที่มีค่ามัธยฐานเท่ากับ 5.00 และมีค่าพิสัยควอร์ไทล์ เท่ากับ 0.00 สอดคล้องกับ Khunchompu (2018) และ Salaksilp (2019) โดยมีข้อความที่เป็นไปตามเงื่อนไข 152 ข้อ นำมากำหนดองค์ประกอบของรูปแบบจำนวน 3 ด้าน แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

จากภาพที่ 1 พบว่า รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงงานคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษา มีองค์ประกอบ ทั้ง 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ด้านนโยบาย หลักการและแนวคิด ได้แก่ ด้านนโยบายการพัฒนาประเทศไทย 4.0 ด้านทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้านหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา

ส่วนที่ 2 กิจกรรมการเรียนรู้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงงานคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษา มีองค์ประกอบ 4 ด้าน ดังนี้

1. ด้านเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว เป็นการเรียนรู้และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวในการพัฒนาโครงงานคอมพิวเตอร์ โดยมีเนื้อหาสาระที่เรียนรู้และนำสู่การออกแบบโครงงานคือ (1) ระบบโครงสร้างของเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (2) การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว และ (3) การใช้งานอุปกรณ์เพิ่มเติมเชื่อมต่อกับเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว

2. ด้านการพัฒนาโครงงานคอมพิวเตอร์ เป็นขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์เพื่อออกแบบและพัฒนาโครงงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือที่มีพี่เลี้ยงให้คำแนะนำในการเรียนรู้ ประกอบด้วยกิจกรรม 6 ขั้นตอน คือ (1) เปิดโลกการเรียนรู้ (2) วิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐาน (3) การวางแผนดำเนินการ (4) ปฏิบัติการสร้างสรรค์ (5) จัดทำรายงานและคู่มือ และ (6) สานต่อการเรียนรู้

3. ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนรู้ เป็นการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ร่วมกัน ประกอบด้วย การใช้ Google Classroom ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การใช้ Google Forms ในการทำแบบฝึกหัด แบบทดสอบ แบบสอบถาม แบบประเมินต่าง ๆ การใช้ Google Sites ในการนำเสนอกิจกรรมของนักเรียน การใช้ Google Search เป็นเครื่องมือค้นหาข้อมูลใช้ในการเรียนรู้ การใช้ Google Drive เป็นเครื่องมือในการนำเสนอข้อมูลออนไลน์ หรือการแชร์ข้อมูล การใช้ Google Mail ในการลงชื่อเข้าใช้งาน Google Classroom และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศผ่าน YouTube

4. ด้านการวัดและประเมินผล เป็นการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยการวัดผลการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ (1) ความรู้ความเข้าใจ ในการพัฒนาโครงงาน การใช้งานเทคโนโลยีสมองกลและความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในการพัฒนาโครงงาน (2) ทักษะการเรียนรู้ ในการทำงานเป็นทีม ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนรู้ และ (3) โครงงานคอมพิวเตอร์ เป็นการประเมินผลการจัดทำโครงงานคอมพิวเตอร์ที่พิจารณาการนำเสนอผลงานและการพัฒนาชิ้นงานโครงงาน

ส่วนที่ 3 ตัวชี้วัดของรูปแบบ ประกอบด้วย 2 ด้านคือ (1) ด้านคุณลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ การพัฒนาโครงงานคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว การบูรณาการองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมในการพัฒนาโครงงานและส่งเสริมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และ (2) ด้านคุณลักษณะของนักเรียน ได้แก่ การมีความรู้ความเข้าใจด้านเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว เทคโนโลยีสารสนเทศ การพัฒนาโครงงานและความรู้ที่เกี่ยวข้องด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และวิศวกรรม การมีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะการทำงานเป็นทีม และทักษะการใช้

เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนรู้ และ ทักษะการนำเสนอผลการพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ด้วยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว

2. ผลการพัฒนาคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยนำรูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ได้จากการศึกษาในระยะที่ 1 ตามภาพที่ 1 มากำหนดรายละเอียดของคู่มือวิทยากรและพี่เลี้ยง และคู่มือนักเรียน พร้อมเครื่องมือการวิจัยที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นพัฒนาเครื่องมือ ทดลองใช้เพื่อปรับปรุงแก้ไข และประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการพัฒนาคู่มือแสดงดังภาพที่ 2



(ก) คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับวิทยากรและพี่เลี้ยง

(ข) คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียน

ภาพที่ 2 คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับวิทยากรและพี่เลี้ยง และสำหรับนักเรียน

จากภาพที่ 2 คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับวิทยากรและพี่เลี้ยง สำหรับนักเรียน มีองค์ประกอบรายละเอียดดังนี้

1. ความสำคัญของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. รายละเอียดของคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย เนื้อหาและจุดประสงค์
3. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนการพัฒนาโครงการ 6 ขั้นตอน
4. การวัดและประเมินผลการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ จำนวน 20 ข้อ ใน

กิจกรรม จำนวน 10 กิจกรรม แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนและแบบประเมินโครงการคอมพิวเตอร์

5. คำแนะนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย บทบาทของนักเรียน บทบาทของพี่เลี้ยง แผนการจัดกิจกรรม คำแนะนำการเข้าใช้งาน google classroom เบื้องต้น และตารางจัดกิจกรรมการเรียนรู้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยนำคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับวิทยากรและพี่เลี้ยง และคู่มือสำหรับนักเรียน ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน ประเมินความเหมาะสม โดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ต่อคู่มือสำหรับวิทยากรและพี่เลี้ยงโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$, $SD. = 0.55$) และความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ต่อคู่มือสำหรับนักเรียน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.57$, $SD. = 0.53$) ตามลำดับ

3. ผลการทดลองใช้คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3.1 ผลการเรียนรู้ของนักเรียน ผู้วิจัยนำคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ จำนวน 20 ข้อ หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียนกับคะแนนการทดสอบก่อนเรียน มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติทดสอบ t-test (Dependent Samples) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียน

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	t	p-value
ทดสอบก่อนเรียน	30	20	8.10	5.47	23.74	.000**
ทดสอบหลังเรียน	30	20	13.73	5.93		

หมายเหตุ **ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

จากตารางที่ 1 ค่า p-value = .000 มีค่าน้อยกว่า .01 สรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.2 ผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยนำคะแนนใบกิจกรรมจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนของนักเรียน จำนวน 10 กลุ่ม โดยแบ่งออกกลุ่มละ 3 คน พบว่า กลุ่มนักเรียนมีผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากใบกิจกรรมเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 2.69$, $S.D. = 0.32$) เมื่อพิจารณารายกิจกรรม พบว่า มีคะแนนผลการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาอยู่ระหว่าง 1.67 - 3.00 และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ของกลุ่ม พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้อยู่ระหว่าง 2.45 - 2.87

3.3 ผลการประเมินโครงการคอมพิวเตอร์ การประเมินโครงการคอมพิวเตอร์ที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยคู่มือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยใช้แบบประเมินโครงการ พบว่า กลุ่มนักเรียนมีคะแนน

ประเมินด้านทักษะการนำเสนอโครงการและการจัดทำรายงานเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.44 - 2.89 และมีคะแนนประเมินด้านผลงานหรือชิ้นงานโครงการเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.17 - 2.67

3.4 ผลการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยร่วมกับพี่เลี้ยงประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคล จำนวน 30 คน โดยใช้แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือที่พัฒนาขึ้น เพื่อนำมาวิเคราะห์และสรุปผล พบว่า

3.4.1 ด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม นักเรียนมีค่าร้อยละในการแสดงพฤติกรรมด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรมอยู่ระหว่างร้อยละ 36.67 – 100.00 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการวางแผนพัฒนานวัตกรรมอย่างเป็นระบบและใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการถ่ายทอดนวัตกรรม/ชิ้นงาน ร้อยละ 100.00 นักเรียนแสดงพฤติกรรมการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องของนวัตกรรมให้ดีขึ้น ร้อยละ 80.00 นักเรียนแสดงพฤติกรรมการพัฒนานวัตกรรมและประเมินระหว่างการพัฒนาและประเมินสรุปประสิทธิผลของนวัตกรรมที่พัฒนา ร้อยละ 36.67

3.4.2 ด้านการทำงานเป็นทีม นักเรียนมีค่าร้อยละในการแสดงพฤติกรรมด้านการทำงานเป็นทีมอยู่ระหว่างร้อยละ 86.67 – 100.00 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการวางแผนการทำงานและการแก้ปัญหาาร่วมกันในกลุ่ม ร้อยละ 100.00 นักเรียนแสดงพฤติกรรมการสื่อสารและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มและนำเสนอและยอมรับความคิดของตนเองและผู้อื่น แสดงพฤติกรรมร้อยละ 93.33 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่มีภาวะผู้นำและผู้ตามที่ดีและมีความรับผิดชอบหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (ความไว้วางใจและร่วมมือในการทำงาน) แสดงพฤติกรรมร้อยละ 86.67

3.4.3 ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ นักเรียนมีค่าร้อยละในการแสดงพฤติกรรมด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ อยู่ระหว่างร้อยละ 90.00 – 100.00 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมการใช้ Google Classroom, Google Site ในการสื่อสาร ร้อยละ 100.00 นักเรียนแสดงพฤติกรรมการใช้ Google Classroom, Google Search, Google Drive, YouTube, Google Site ในการทำงาน ร้อยละ 96.67 นักเรียนแสดงพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการแก้ปัญหาแสดง ร้อยละ 93.33 และนักเรียนแสดงพฤติกรรมการใช้ Google Classroom, Google Search, Google Drive, YouTube ในการเรียนรู้ ร้อยละ 90.00

3.4.4 ด้านการเรียนรู้แบบบูรณาการในการพัฒนาโครงการตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า มีค่าร้อยละในการแสดงพฤติกรรมด้านการเรียนรู้แบบบูรณาการในการพัฒนาโครงการตามแนวทางสะเต็มศึกษา อยู่ระหว่างร้อยละ 23.33 – 100.00

3.5 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมและคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากการตอบแบบสอบถามของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนมีต่อกิจกรรมและคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.47)

3.6 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของพี่เลี้ยงที่มีต่อกิจกรรมและคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากการตอบ

แบบสอบถามของพี่เลี้ยงกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน พบว่า พี่เลี้ยงมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมและคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.47)

อภิปรายผล

การวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการประยุกต์เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า

1. ผลการสังเคราะห์รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยเทคนิคอีดีเอฟอาร์ มีองค์ประกอบ 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ด้านนโยบาย หลักการและแนวคิด ประกอบด้วย ด้านนโยบายการพัฒนาประเทศไทย 4.0 ด้านทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้านหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา ส่วนที่ 2 กิจกรรมการเรียนรู้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษา มีองค์ประกอบ 4 ด้าน ประกอบด้วย 1. ด้านเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว 2. ด้านการพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยกิจกรรม 6 ชั้น โดยเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือที่มีพี่เลี้ยงให้คำแนะนำในการเรียนรู้ 3. ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนรู้ 4. ด้านการวัดและประเมินผล ประกอบด้วยการวัดผลการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ (1) ความรู้ความเข้าใจ (2) ทักษะการเรียนรู้ และ (3) โครงการคอมพิวเตอร์ ส่วนที่ 3 ตัวชี้วัดของรูปแบบ ประกอบด้วย 2 ด้านคือ (1) ด้านคุณลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ (2) ด้านคุณลักษณะของนักเรียน อันเนื่องมาจาก ผู้วิจัยได้ทำการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้เทคนิคอีดีเอฟอาร์ ข้อมูลที่ได้เกิดจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในรอบที่ 1 นำมาสู่การวิเคราะห์เป็นข้อคำถามในรอบที่ 2 และ 3 ส่งผลให้ได้ข้อมูลมีความครอบคลุมทุกด้านในการสังเคราะห์รูปแบบและผู้เชี่ยวชาญมีฉันทามติร่วมกันในทุก ๆ ด้าน ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับแนวคิดของ Thienthong (2011) กล่าวว่า เทคนิคอีดีเอฟอาร์ (Ethnographic Delphi Futures Research : EDFR) เป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาการวิจัยในอนาคต โดยเทคนิค อีดีเอฟอาร์ เป็นการนำเทคนิคเดลฟาย (Delphi technique) ที่เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญหลาย ๆ คน เพื่อศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับองค์ความรู้ในอนาคตของศาสตร์ด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นศาสตร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง นำมาพยากรณ์ภาพในอนาคตที่คาดว่าจะเป็นไปได้ และสอดคล้องกับ Homkrailach (2019) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนานักศึกษาระดับปริญญาตรีเพื่อเตรียมความพร้อมด้านเทคสตาร์ทอัพโดยใช้เทคนิคอีดีเอฟอาร์ โดยผลการสังเคราะห์รูปแบบ พบว่า รูปแบบการพัฒนานักศึกษาระดับปริญญาตรีเพื่อเตรียมความพร้อมด้านเทคสตาร์ทอัพ ประกอบด้วย องค์ประกอบ 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 นโยบายการจัดการศึกษา ส่วนที่ 2 การพัฒนานักศึกษาระดับปริญญาตรีเพื่อเตรียมความพร้อมด้านเทคสตาร์ทอัพ และส่วนที่ 3 คุณลักษณะของคู่มือการพัฒนานักศึกษาระดับปริญญาตรีเพื่อเตรียมความพร้อมด้านเทคสตาร์ทอัพ

2. ผลการพัฒนาคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า องค์ประกอบของคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกล

เพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับวิทยาการและพีเอ็ลียง และสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย (1) ความสำคัญของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (2) รายละเอียดของคู่มือประกอบด้วย เนื้อหาและจุดประสงค์ (3) ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ (4) การวัดและประเมินผล ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ จำนวน 20 ข้อ ใบกิจกรรม จำนวน 10 กิจกรรม แบบประเมินโครงการคอมพิวเตอร์และแบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน (5) คำแนะนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย บทบาทของนักเรียน บทบาทพีเอ็ลียง แผนการจัดกิจกรรม คำแนะนำการเข้าใช้งาน google classroom เบื้องต้น และตารางจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อคู่มือสำหรับวิทยาการและพีเอ็ลียง และคู่มือสำหรับนักเรียน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด อันเนื่องมาจากคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พัฒนาจากรูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากระยะที่ 1 ซึ่งเป็นการจัดเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 21 คน มีความครอบคลุมในทุก ๆ ด้านจากความคิดเห็นที่เป็นฉันทามติของผู้เชี่ยวชาญ เช่น การใช้เทคนิคพีเอ็ลียงหรือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนรู้ เมื่อนำมาพัฒนาเป็นคู่มือ จึงทำให้มีความสมบูรณ์และองค์ประกอบชัดเจนในประเด็นรายละเอียดที่เกี่ยวข้องทั้งคู่มือสำหรับวิทยาการและพีเอ็ลียง รวมถึงคู่มือสำหรับนักเรียน ตรวจสอบและประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Klintawon (2015) ได้วิจัยเรื่อง การใช้กิจกรรมการพัฒนาทักษะการออกแบบขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีปัญหาเป็นฐาน โดยใช้เทคโนโลยีเว็บ 2.0 และเทคนิคพีเอ็ลียง โดยได้พัฒนาคู่มือสำหรับผู้สอน คู่มือสำหรับพีเอ็ลียง และคู่มือสำหรับผู้เรียน ผลการวิจัย พบว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อกิจกรรมพร้อมเครื่องมือของกิจกรรมเฉลี่ยโดยรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3. ผลการทดลองใช้คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า

3.1 นักเรียนมีผลการเรียนรู้เฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยคะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังเรียนมากกว่าคะแนนทดสอบเฉลี่ยก่อนเรียนและมีผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก อันเนื่องมาจาก กิจกรรมการเรียนรู้ของคู่มือตามรูปแบบ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ศึกษาเนื้อหาสาระและเรียนรู้จากสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ พร้อมการฝึกปฏิบัติตามใบกิจกรรมด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ มีการฝึกปฏิบัติใช้งานเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวและประยุกต์ใช้อุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมสำหรับเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว โดยบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกคิด ปฏิบัติทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Arsasuek (2017) ได้ทำวิจัยเรื่อง การส่งเสริมนักประดิษฐ์รุ่นเยาว์ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบของสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการ

เรียนรู้ตามรูปแบบของสะเต็มศึกษา เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าและกฎของโอห์ม คิดเป็นร้อยละ 76.19 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ 75 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 นักเรียนมีผลการประเมินโครงการคอมพิวเตอร์ มีคะแนนประเมินด้านผลงานหรือชิ้นงานโครงการเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.17 - 2.67 อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลางถึงระดับมาก ด้านทักษะการนำเสนอโครงการและการจัดทำรายงานเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.44 - 2.89 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก อันเนื่องมาจาก นักเรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และลงมือปฏิบัติพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ด้วยตนเองผ่านกระบวนการเรียนรู้ตามขั้นตอนการพัฒนาโครงการส่งผลให้นักเรียนสามารถสรุปองค์ความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาโครงการด้วยตนเองและสามารถถ่ายทอดความรู้ที่นั่นด้วยตนเองผ่านการนำเสนอการรายงานผลการพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับ Chaipila & Chanunan (2016) ได้วิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการตามแนวคิด STEM Education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิบัติการเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการตามแนวคิด STEM Education มาประยุกต์ใช้ได้ดีและยังสามารถเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลายแตกต่างกันออกไปอีกทั้งยังได้ใช้ความรู้ของแต่ละคนได้อย่างเต็มความสามารถอีกด้วย

3.3 ผลการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ นักเรียนแสดงพฤติกรรมด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรมอยู่ระหว่างร้อยละ 36.67 - 100.00 นักเรียนแสดงพฤติกรรมด้านการทำงานเป็นทีมอยู่ระหว่างร้อยละ 86.67 - 100.00 นักเรียนแสดงพฤติกรรมด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ระหว่างร้อยละ 90.00 - 100.00 และนักเรียนแสดงพฤติกรรมด้านการเรียนรู้แบบบูรณาการในการพัฒนาโครงการตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ระหว่างร้อยละ 23.33 - 100.00 อันเนื่องมาจาก การพัฒนารูปแบบผู้วิจัยได้กำหนดนโยบาย หลักการและแนวคิด วัตถุประสงค์ของรูปแบบที่เป็นแนวทางส่งเสริมการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 และกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการคอมพิวเตอร์ 6 ชั้นที่บูรณาการองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมในการพัฒนาโครงการและส่งเสริมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ซึ่งสอดคล้องกับ Sena Pa & Samang (2016) ได้ทำวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานที่มีต่อทักษะการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานในศตวรรษที่ 21 รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยของทักษะการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานในศตวรรษที่ 21 ก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 2.71 และ 3.62 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาทางทักษะการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานในศตวรรษที่ 21 ที่เพิ่มขึ้นหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีเยี่ยม

3.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนและพี่เลี้ยง ที่มีต่อกิจกรรมและคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด อันเนื่องมาจาก คู่มือสำหรับวิทยากรและพี่เลี้ยง และคู่มือสำหรับนักเรียนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามรูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการ

คอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยเทคนิคอีดีเอฟอาร์ที่เป็นฉันทามติจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 21 คน นำมาออกแบบเป็นขั้นตอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้และองค์ประกอบต่าง ๆ ของคู่มือสำหรับวิทยากรและพี่เลี้ยง และคู่มือสำหรับนักเรียน กำหนดบทบาทของพี่เลี้ยง บทบาทของนักเรียนในการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้อย่างชัดเจน ส่งผลให้พี่เลี้ยงและนักเรียนมีความคิดเห็นที่มีต่อคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงการคอมพิวเตอร์ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับวิทยากรและพี่เลี้ยง และคู่มือสำหรับนักเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Homkrailach (2019) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาทักษะระดับปริญญาตรีเพื่อเตรียมความพร้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยใช้เทคนิคอีดีเอฟอาร์ โดยพัฒนาคู่มือการพัฒนาทักษะระดับปริญญาตรีเพื่อเตรียมความพร้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ประกอบด้วยคู่มือวิทยากรและพี่เลี้ยง และคู่มือนักศึกษาตามรูปแบบ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อคู่มือและกิจกรรมการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับการนำงานวิจัยไปใช้ วิทยากรและพี่เลี้ยงต้องคอยระวังความปลอดภัยของนักเรียนและการใช้งานอุปกรณ์ที่ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ทำงานร่วมกับบอร์ดคิดไปร์ทหรือเครื่องมือช่าง เช่น สว่าน เครื่องเจียร์ไฟฟ้า หรือหัวแร้งบัดกรี เนื่องจากการต่อวงจรผิดพลาดอาจทำให้อุปกรณ์เสียหายแล้วอาจเกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้ เนื่องจากอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุอันตรายจากการใช้งานได้

2. ในการวิจัยครั้งต่อไป จากการทดลองใช้พบว่านักเรียนสามารถเรียนรู้และฝึกปฏิบัติสามารถพัฒนาชิ้นงานได้สำเร็จโดยบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งมีพี่เลี้ยงให้คำแนะนำ ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัยการอบรมและพัฒนาพี่เลี้ยงและนักเรียน ให้เป็นวิทยากรแกนนำในลักษณะ Training the Trainer สำหรับการเรียนรู้ในโรงเรียนต่าง ๆ ที่มีความสนใจ โดยใช้คู่มือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการขยายผลการเรียนรู้ทางด้านเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวและส่งเสริมการพัฒนาโครงการตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่จะส่งผลต่อการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2561 จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถามและประเมินเครื่องมือการวิจัย ขอขอบคุณพี่เลี้ยงและนักเรียนที่ร่วมในงานวิจัยครั้งนี้

References

- Arsasuek, S. (2017). *kān songsoēm nak pradit run yao duāi kitchakam kānriānrū tām rūpbāep khōng sa tem suksā phūā phatthana phon samrit thāngkān riān læ chētakhati to wittayāsāt khōng nakriān nai chan riān wittayāsāt chan matthayommasuksā pī thī sām* [The encouragement of students' learning achievements and their attitudes towards science through

- the stem education instructional method in science class at the 9th grade level]. Master's thesis. Rajabhat Maha Sarakham University.
- Chaipila, D. & Chanunan, S. (2016). phonkān čhat kitčhakam kānrīanrū bāep khroṅ ṅān tān nāokhit STEM Education phūa songsoem khwāmsāmat nai kān kae panhā yāng sāngsan thāng witthayasāt rūang patikiriya khēmī khōṅg nakriān chan matthayommasuksā pī thī soṅg [Effects of project-based learning activities based on stemeducation to promote Mathayomsuksa II students' creative problem solving ability in learning chemical reaction]. **Journal of education, Burapha University**. 27(2), 98-109
- Homkrailach, H. (2019). kānphatthana naksuksā radap parinya trī phūa triām khwām phroṃ dān thek satat'ap doī chai theknik 'idī 'ep 'a [Undergraduate Student Development in Preparation for Tech Startup by Using EDFR Technqie]. Doctoral dissertation. Rajabhat Maha Sarakham University.
- Jaikham, K., & Keawkan, W. (2011). thaksa hāeṅ 'anāhot mai kānsuksā phūa satawat thī yīsip'et [21st Century Skills: Rethinking How Students Learn]. **The Far Eastern University Academic Journals**. 6(2), 99-101. Retrieved from <http://journal.feu.ac.th>
- Khunchompu, S. (2018). rūpbāep kānčhatkān theknōyī sārasonthēt phūa songsoem kānthōṅgthīeo choeṅ watthanatham bāep mī sūan rūam [A Management Model of Information Technology for Cooperative Cultural Tourism Promotion]. Doctoral dissertation. Rajabhat Maha Sarakham University.
- Klintawon, S. (2015). rūpbāep kānphatthana thaksa kān 'oṅbāep khantōṅ withī thāng khōmphiutōe duai withī panhā pen thān doī chai theknōyī wep soṅg. sū læ theknik phīliāng [A model of skill development of a computer algorithm, using a web technology 2.0 with a mentoring technique]. Doctoral dissertation. Rajabhat Maha Sarakham University.
- Ministry of Education. (2008). Laksūt kāen klāng kānsuksānaphuṃ thān Phutthasakkarat soṅgphanharōjhasip'et [The basic education core curriculum year 2008]. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand., LTD.
- National Science and Technology Development Agency. (2016). čhotmāi khao สวทช. chō. sipsōṅg [Newsletter of National Science and Technology Development Agency F12]. Retrieved from <https://www.nstda.or.th/all-newsletter/282-newsletter-nstda-news/21903-nstda-newsletter-12-news5>

- Pudcha, W. & Yooyuanyong, S. (2016). phon samrit thāngkān rian čāk kānčatkān rianrū bāep sa tem suksā rūāng ‘attrāsūāntrikō Na miti [Learning Achievement on Trigonometry Ratios by using STEM Education]. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*. 9(3), 830-839.
- Salaksilp, S. (2019). kānphatthana khūmū kānpramoēn kān patibat thī dī samrap chumchon kānrianrū thāng wichāchīp khru ‘ōlai dōi chai theknik EDFR [Developing a Handbook of Good Practice Evaluation for Online Learning Community of Teaching Professional by EDFR Technique]. Doctoral dissertation. Rajabhat Maha Sarakham University.
- Sena Pa, R. & Samang, R. (2016). phonkān čatkān rianrū bāep khroṅg ngān pen thān thī mī tō thaksa kānrianrū khan phūnthān nai satawat thī yīsip ‘et rāiwichā fisik rūāng ngān læ phalangngān samrap nakriān chan matthayommasuksā pī thī hā [The Effects of Project Based Learning on Learning of Basic Skills in the 21st Century Based on Physics of Work and Energy for Mathayomsuksa 5 students]. kān prachum sammanā wichākān læ nam sanoe phonlakā rawi čai radap čat khruākhaī bandit suksā mahawitthayalai rāčaphat phāk nūā khrang thī siphok ngānwichai phūā phatthana thōṅgthin [Conferences, seminars and national research presentations Graduate Network Northern Rajabhat University No. 16 "Research For local development "]. (pp. 324-343). Phetchabun: Research and Development Institute Phetchabun Rajabhat University.
- Thettum, T. (2016). kānpriāpthiāp phon samrit kānrianrū rūāng kān rabaīsī nam dūai rūpbāep kānsoṅ bāep khroṅg ngān [A Comparison of Achievement in Watercolor Painting by Using the Project Based Teaching Model]. Master's thesis. Srinakharinwirot University.
- Thienthong, M. (2011). sathiti læ withikān wichai thāng theknōyī sārasonthēt [Statistics and research methods in information technology]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok.