

การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

The Development of On-Line Project-Based Learning on Microcontroller Boards
to Enhance Computational Thinking for Grade 9th Students.

ลลิตา วงศ์มลี^{1*} พงศธรณัช แซ่จู²
Lalita Wongmalee^{1*} Phongthanat Sae-Joo²

s_lalita@kkumail.com*

ส่งบทความ 5 กรกฎาคม 2564 แก้ไข 6 สิงหาคม 2564 คอบรับ 8 สิงหาคม 2564

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณ 4) เพื่อศึกษาความคิดเห็น โดยใช้รูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง เป็นการทดลองแบบกลุ่มเดียว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนฝายหินหนองทุ่มหนองทองศึกษา อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดขอนแก่น จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) บทเรียนบนเครือข่าย 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1. ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน 2. ขั้นกระตุ้นความสนใจ 3. ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ 4. ขั้นแสวงหาความรู้ 5. ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ 6. ขั้นนำเสนอผลงาน 3) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 4) แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ 4 องค์ประกอบ คือ การแยกย่อย (Decomposition) การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) 5) แบบสอบถามความคิดเห็น

สรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนบนเครือข่าย พบว่า บทเรียนบนเครือข่ายมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 87.20/80.45
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ($\bar{X} = 8.91$, S.D.=2.99) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ($\bar{X}=24.14$, S.D.= 2.85) เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹ Student in Master degree in Science and Technology Education, Faculty of Education, Khon Kaen University

² Lecturer in Computer Education, Faculty of Education, Khon Kaen University

3. นักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ร้อยละ 90.63 ($\bar{X}=3.63$, S.D.=0.59)
4. ความคิดเห็นของผู้เรียน พบว่า ในภาพรวมมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}= 4.88$, S.D.=0.31)

คำสำคัญ : บทเรียนบนเครือข่าย, การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน, บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์, ทักษะการคิดเชิงคำนวณ

Abstract

The objectives of this project were 1) To develop the lesson plan of The Development of On-Line Project-Based Learning on Microcontroller Boards to Enhance Computational Thinking as 80/80 2) To study learning achievement 3) To study computational skill 4) To study opinion of students. This research was conducted by a Quasi-experimental method which use a single experimental group, contains with 22 of grade 9 students from Fayhinnongtumngtongsuksa school, Chum Phae District, Khon Kaen Province. The research tools used were 1) Online instruction 2) Lesson plan 3) Pre-test and post-test 4) Computational skill-test 5) opinion evaluation form.

The result of this research are

1. The quality of online instruction (E_1/E_2) was equal to 87.20/80.45
2. The comparison of pre-test score ($\bar{X}=8.91$, S.D.=2.99) with post-test score ($\bar{X}= 24.14$, S.D.=2.85), study found that post-test score higher than pre-test score with statistical significance of .05
3. The Computational skill score was 90.63%, ($\bar{X}=3.63$, S.D.=0.59)
4. The students' opinion declared as highest level ($\bar{X}= 4.88$, S.D.=0.31)

Keywords: Online learning, Project-Based Learning, Microcontroller Board, Computational Thinking.

บทนำ

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในยุคปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว และมีหลากหลายรูปแบบ การจะทำให้ประชากรในวัยเรียน รู้เท่าทันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร จึงจำเป็นต้องนำวิวัฒนาการและความก้าวหน้าดังกล่าวมาพัฒนา และส่งเสริมภายในกระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน การเรียนการสอนในปัจจุบันยังไม่มีหลากหลาย ถูกจำกัดเฉพาะในห้องเรียน และอยู่ภายใต้การควบคุมกำกับของผู้สอนเท่านั้น ทั้งที่ผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างระหว่างบุคคล มีความรู้ความเข้าใจประสบการณ์ และการมองโลกแตกต่างกันออกไป รวมถึงรูปแบบการจัดชั้นเรียนในปัจจุบันไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนเป็นรายบุคคลได้ เทคโนโลยีจึงเป็นพื้นฐานสำคัญ การจัดการเรียนการสอนด้วยบทเรียนออนไลน์จึงตอบสนองการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยเป็นการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนการสอนที่ประยุกต์คุณลักษณะของอินเทอร์เน็ต

มาเป็นสื่อกลางเพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ รูปแบบของการเรียนการสอนควรเน้นสอนวิธีการเรียนให้ผู้เรียนไม่ใช่สอนแต่เนื้อหาวิชาเพียงอย่างเดียว และการเรียนการสอนผ่านเว็บไซต์ยังเป็นการส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Klaysong, 2010) การนำเทคโนโลยีทางการสอน เช่น บทเรียนบนเครือข่ายมาช่วยในการจัดการเรียนการสอนจะทำให้การเรียนมีความหมายมากยิ่งขึ้น ส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียนได้เป็นอย่างดีส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาศักยภาพของตนเองในการใช้เทคโนโลยีให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Klungphet, T. and Others, 2015)

การจัดการเรียนรู้ที่มีครูเป็นผู้กระตุ้นเพื่อสร้างความสนใจที่เกิดจากตัวนักเรียนมาใช้ในการทำกิจกรรม ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง นำไปสู่การเพิ่มความรู้อย่างมีประสิทธิภาพ การฟังและการสังเกตจากผู้เชี่ยวชาญ โดยนักเรียนมีการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม ที่จะนำมาสู่การสรุปความรู้ใหม่ มีการเขียนกระบวนการจัดทำโครงงาน และได้ผลการจัดกิจกรรมเป็น

ผลงานแบบรูปธรรม (ดุขฎี โยเหลาและคณะ, 2557) การเรียนรู้ในยุคการศึกษา 4.0 สำหรับนักเรียนที่เกิดในยุคดิจิทัลนั้นเทคโนโลยีไม่ใช่เรื่องยากที่จะเรียนรู้ ดังนั้น “ครูผู้สอน” จึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ด้านต่าง ๆ ให้ครบถ้วน ได้แก่ การคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) พื้นฐานความรู้ด้านเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology) และพื้นฐานการรู้เท่าทันสื่อและข่าวสาร (Media and Information Literacy) เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียน (อักษรเอ็ดดูเคชั่น, 2561) การคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) เป็นทักษะหนึ่งที่จำเป็นต่อผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เพราะเป็นพื้นฐานของการคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน หากนำการคิดเชิงคำนวณมาบูรณาการเรียนการสอนจะทำให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละวิชาและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ (สถาบันการเรียนรู้ออนไลน์, 2560; (Davies et al., 2010) ทักษะการคิดเชิงคำนวณประกอบด้วย คือ 1) การแยกย่อย (Decomposition) 2) การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) 3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) 4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) ผู้ที่มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ จะสามารถแก้ปัญหาและเผชิญกับสถานะสังคมที่เคร่งเครียดได้อย่างเข้มแข็งอีกด้วย ดังนั้นเองเมื่อมีการบูรณาการวิธีคิดเชิงคำนวณผ่านหลักสูตรในหลากหลายแขนงวิชา นักเรียนจะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละวิชา รวมทั้งสามารถนำวิธีคิดที่เป็นประโยชน์นี้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ในระยะยาวโดยเพื่อให้เกิดทักษะการคิดเชิงคำนวณ ในจัดการเรียนการสอนโครงงานเป็นฐานนั้นสอดคล้องที่สนับสนุนการคิดเชิงคำนวณเพราะเน้นการลงมือปฏิบัติตามความสนใจของนักเรียนเองเพื่อค้นพบสิ่งใหม่เกิดแรงจูงใจในการแก้ไขปัญหาเชื่อมโยงความรู้กับโลกความเป็นจริง นักเรียนเป็นผู้เลือกวิธีค้นหาคำตอบ กำหนดแหล่งข้อมูล ลงมือปฏิบัติค้นคว้าด้วยตนเอง นักเรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน และสามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตจริงโดยการนำรูปแบบการสอนโครงการเป็นฐานร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ออกแบบมาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยที่เราสามารถเขียนโปรแกรมแล้วใส่เอาไว้ในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ทำงานตามที่เรา

ต้องการได้ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเปรียบเสมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยควบคุมอินพุตและเอาต์พุตต่าง ๆ โดยเราสามารถใส่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสร้างชิ้นงานได้หลากหลายสามารถเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ลงไปได้ออกแบบมาเพื่อให้การเรียนการสอนง่ายขึ้นและสนุกมากขึ้น เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดคำนวณในการเขียนโปรแกรมได้อย่างเหมาะสม (เบนยามิน วงษ์ประเสริฐ, 2563)

ดังนั้น ผู้จัดทำจึงมีความสนใจในการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนฝายหินหนองหุ้มหนองทองศึกษาเพื่อให้อสอดคล้องกันกับการพัฒนาการศึกษาตามแนวทางของศตวรรษที่ 21 โดยนำเอาเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการอำนวยความสะดวกต่อการเรียนรู้และใช้การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและสร้างความรู้ สร้างประสบการณ์ด้วยตัวเองตามแนวทางของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานเพื่อเป็นการพัฒนาการศึกษาให้มีความก้าวหน้า และได้คุณภาพของการศึกษาที่มีศักยภาพสูงขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
4. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนฝายหินหนองทุ่มหนองทองศึกษา อำเภอนามน จังหวัดขอนแก่น

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการค้นคว้าในครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ศูนย์เครือข่ายวังหินลาดหนองไผ่ไชยสอและศูนย์เครือข่ายกุดกว้างโนนสะอาด สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาขอนแก่น เขต 5 จำนวนนักเรียน 187 คน จาก 9 โรงเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนฝายหินหนองทุ่มหนองทองศึกษา จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 22 คน ศูนย์เครือข่ายวังหินลาดหนองไผ่ไชยสอ ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) (บุญชม ศรีสะอาด. 2553)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

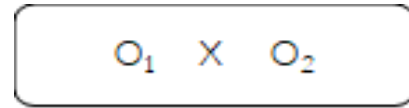
ตัวแปรต้น ได้แก่ บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ตัวแปรตาม ได้แก่ 1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 2. ผลของทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 3. ความคิดเห็นของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

3. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เป็น

การทดลองแบบกลุ่มเดียว (One Group Pretest-Posttest Design) ที่มีการวัดก่อนการทดลอง 1 ครั้ง หลังการทดลอง 1 ครั้ง สามารถเขียนเป็นแผนภาพดังนี้



เมื่อ O_1 คือ การทดสอบก่อนเรียน

X คือ แทน บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

O_2 คือ การทดสอบหลังเรียน ,ทักษะการคิดเชิงคำนวณ ,แบบสอบถามความคิดเห็น

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระที่ 4 เทคโนโลยี มาตรฐาน ว 4.2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง 2) วิเคราะห์สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ 3) กำหนดตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ 4) วิเคราะห์การวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ 5) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 12 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการเรียนรู้โดยบทเรียนบนเครือข่ายสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ที่มีการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ปรากฏดังตารางที่ 1-2 ดังนี้

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้กับการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	การคิดเชิงคำนวณที่ส่งเสริม
แผนที่ 1 มาตรฐานไม่ใคร่บิตกันเถอะ	-
แผนที่ 2 พื้นฐานการเขียนโปรแกรม (การแสดงผล, ลูป, คำสั่งจัดการเงื่อนไข)	1) การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) 2) การแยกย่อย (Decomposition)
แผนที่ 3 พื้นฐานการเขียนโปรแกรม (ฟังก์ชัน, ตัวแปร)	1) การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) 2) การแยกย่อย (Decomposition) 3) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design)
แผนที่ 4 การนำเข้าข้อมูล เซ็นเซอร์ต่าง ๆ	1) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) 2) การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition)
แผนที่ 5 My First Project ต่อยอดการเรียนรู้	1) การแยกย่อย (Decomposition) 2) การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) 3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) 4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design)
แผนที่ 6 Present My First Project	1) การแยกย่อย (Decomposition) 2) การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) 3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) 4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design)

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้					
	มาตรฐานไม่ใคร่บิตกันเถอะ	พื้นฐานการเขียนโปรแกรม (การแสดงผล, ลูป, คำสั่งจัดการเงื่อนไข)	พื้นฐานการเขียนโปรแกรม (ฟังก์ชัน, ตัวแปร)	การนำเข้าข้อมูล เซ็นเซอร์ต่าง ๆ	My First Project ต่อยอดการเรียนรู้	Present My First Project
1. ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน	✓	✓	✓	✓		
2. ขั้นกระตุ้นความสนใจ	✓	✓	✓	✓		
3. ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ					✓	✓
4. ขั้นแสวงหาความรู้				✓	✓	
5. ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6. ขั้นนำเสนอผลงาน						✓

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ 5 ท่าน โดยตรวจสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Index of Item Objective Congruence : IOC)

7) ทำการรวมคะแนนแต่ละข้อของแบบทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ ตัวเลขที่ได้จะเป็นคะแนนความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์ วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วเลือกเอาเฉพาะแบบทดสอบที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วทำการปรับปรุงแก้ไข

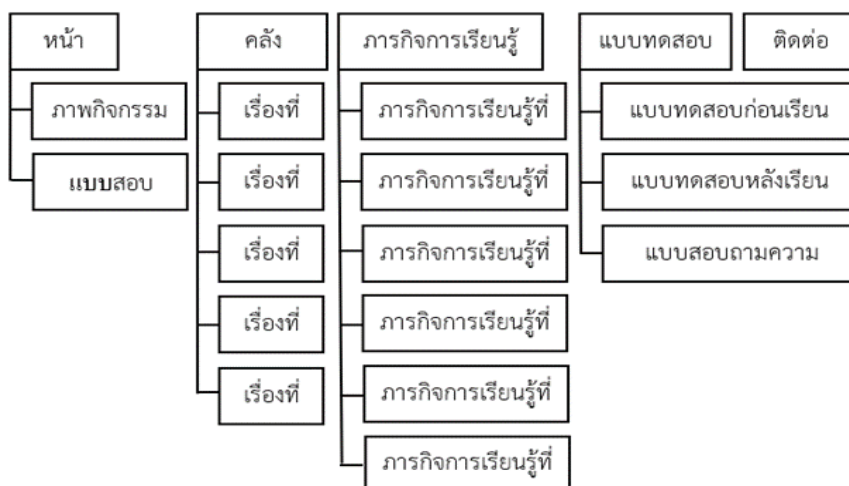
2. พัฒนบทเรียนบนเครือข่าย เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือตามขั้นตอนของ Addie Model ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การทดลองใช้ และการประเมินผล

1) การวิเคราะห์ (Analysis) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และวิเคราะห์เนื้อหารายวิชาวิทยาการคำนวณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อทำความเข้าใจกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ขอบข่ายเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ วิธีการสอนและการวัดประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งเนื้อหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

2) การออกแบบ (Design)

1) ผู้วิจัยสร้างบทเรียนบนเครือข่ายโดยใช้ wix.com ออกแบบโครงสร้างบทเรียนบนเครือข่าย ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยให้บทเรียนบนเครือข่าย มีองค์ประกอบใหญ่ 5 ส่วน ได้แก่ 1) หน้าแรก 2) คลังความรู้ 3) การจัดการเรียนรู้ 4) แบบทดสอบ 5) ติดต่อเรา ผู้วิจัยได้สร้างปมนำทางที่เข้าใจง่าย เพื่อให้สะดวกในการเรียนรู้และการค้นหา ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างบทเรียนบนเครือข่าย

2) ออกแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยวิเคราะห์จากผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้อง แล้วแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

3) การพัฒนา (Developed)

1) จัดทำสื่อการนำเสนอความรู้ที่ใช้สำหรับทำกิจกรรมในชั้นเรียนและนำวิดีโอที่ค้นจาก YouTube แล้วอัปโหลดลงบทเรียนบนเครือข่าย โดยใช้ wix.com เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

2) สร้างการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบ รวมถึงใบงาน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบ

ความถูกต้องอีกครั้ง

4) การนำไปใช้ (Implement) จัดการเรียนรู้ตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไว้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนฝายหินหนองทุ่มหนองทองศึกษา อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดขอนแก่น จำนวน 22 คน

5) การประเมินและปรับปรุงแก้ไข (Evaluation and Revision) หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ต้องทำการบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล ข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้ และนำมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความสมบูรณ์ เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไปให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แล้วหาประสิทธิภาพของบทเรียนบนเครือข่าย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนที่ระหว่างเรียนและคะแนนทดสอบหลังเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และแบบสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียน มีรายละเอียดดังนี้

1. แบบทดสอบ ผู้ศึกษาได้ดำเนินการในสร้างแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รายวิชา ว23104 วิทยาการคำนวณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยตรวจสอบและให้คำแนะนำ เพื่อให้ผู้วิจัยปรับปรุง แก้ไข ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาประเมินแบบทดสอบ 5 ท่าน โดยตรวจสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Index of Item Objective Congruence : IOC)

- ทดลองใช้แบบทดสอบกับนักเรียนจำนวน 8 คน ของโรงเรียนโนนพินเรือะยาว อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดขอนแก่น ที่เคยเรียนเรื่องบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์มาแล้ว แล้วนำมาหาการหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ (ภัทธา นิคมานนท์, 2543: 153-170) หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ (ภัทธา นิคมานนท์, 2543: 153-170) และหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (ไพศาล วรคำ, 2559)

- เสร็จแล้วสร้างแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ โดยใช้ Google Form เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2. แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยได้สร้างใบกิจกรรม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับให้นักเรียนทำเป็นรายบุคคลระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับเนื้อหาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และมีข้อคำถามที่สอดคล้องกับองค์ประกอบย่อยของทักษะการคิดเชิงคำนวณ 4 ด้านใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยโดยคำตอบของนักเรียนจะถูกตรวจและจัดกลุ่มคำตอบตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Score) ปรับปรุงจากสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2017: 102) 4 ระดับ คือ ยอดเยี่ยม ดี กำลังพัฒนา และเริ่มต้น

เกณฑ์การให้ระดับคุณภาพของความสามารถที่นักเรียนแสดงออกถึงทักษะการคิดเชิงคำนวณทั้ง 4 องค์ประกอบย่อย สร้างหลักเกณฑ์การให้คะแนนตามจุดมุ่งหมาย (โชติกา สงครามและคณะ, 2563) ดังนี้

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณกับระดับคะแนนและความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียน

ทักษะการคิดเชิง คำนวณ	ระดับ คุณภาพ	ความสามารถที่นักเรียนแสดงออก
การแบ่งปัญหาใหญ่ ออกเป็นปัญหาย่อย (Decomposition)	ยอดเยี่ยม (4)	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ และสามารถเชื่อมโยงแต่ละส่วนเข้าด้วยกันได้
	ดี (3)	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น
	กำลัง พัฒนา (2)	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ ยังไม่ละเอียดลออพอหรือไม่ครบทุกประเด็น
	เริ่มต้น (1)	ไม่สามารถแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้
การพิจารณา รูปแบบของปัญหา (Pattern recognition)	ยอดเยี่ยม (4)	สามารถกำหนดแบบแผนที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ครบถ้วน
	ดี (3)	สามารถกำหนดแบบแผนที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ส่วนใหญ่
	กำลัง พัฒนา (2)	สามารถกำหนดแบบแผนที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้บางส่วน
	เริ่มต้น (1)	ไม่สามารถกำหนดแบบแผนที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้
การพิจารณาสาระ สำคัญของปัญหา (Abstraction)	ยอดเยี่ยม (4)	สามารถอธิบายรายละเอียดที่สำคัญของปัญหาได้ครบถ้วน
	ดี (3)	สามารถอธิบายรายละเอียดที่สำคัญของปัญหาได้ส่วนใหญ่
	กำลัง พัฒนา (2)	สามารถอธิบายรายละเอียดที่สำคัญของปัญหาได้บางส่วน
	เริ่มต้น (1)	ไม่สามารถอธิบายรายละเอียดที่สำคัญของปัญหาได้

ทักษะการคิดเชิง คำนวณ	ระดับ คุณภาพ	ความสามารถที่นักเรียนแสดงออก
การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithms)	ยอดเยี่ยม (4)	สามารถเขียนขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาได้ครบถ้วน
	ดี (3)	สามารถเขียนขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาได้ส่วนใหญ่
	กำลัง พัฒนา (2)	สามารถเขียนขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาได้บางส่วน
	เริ่มต้น (1)	ไม่สามารถเขียนขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาได้

3. แบบสอบถามความคิดเห็น ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน แบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา, ด้านการออกแบบและการจัดการบทเรียน, ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ภายในชั้นเรียน, ด้านผู้เรียน, และด้านผู้สอน นำแบบสอบถามที่สร้างเสร็จแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดและประเมินผลตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ตรงตามเป้าหมายที่ต้องการวัด และความถูกต้องทางด้านภาษา นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง

ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม ได้ใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) นำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำค่าเฉลี่ยมาแปลความหมาย โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) เมื่อแก้ไขแบบสอบถามความคิดเห็นแล้ว ทำการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นฉบับสมบูรณ์บน Google Form เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

- 1) ชี้แจงรูปแบบการจัดการเรียนรู้และวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้
- 2) ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในการทดลองโดยการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ กับกลุ่มตัวอย่าง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไว้ จำนวน 6 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้แผนละ 2 ชั่วโมง
- 3) ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ตามการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน
- 4) ผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำภารกิจการเรียนรู้ 6 ภารกิจ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไว้ จำนวน 6 แผน เป็นคะแนนระหว่างเรียน 60 คะแนน โดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายสำหรับการจัดการเรียนรู้ แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
- 5) ผู้วิจัยประเมินผลการทำงานของผู้เรียนลงในแบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนรวบรวมข้อมูลที่ได้จากภารกิจการเรียนรู้ระหว่างเรียน 6 ภารกิจ โดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
- 6) หลังจากจัดการเรียนรู้ครบตามแผนที่กำหนดทั้งหมดแล้ว ทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน และสอบถามความคิดเห็นในการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ กับกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้ข้อมูลจากคะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ ร้อยละ

2) วิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ จากคะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและหลังเรียน

3) วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน และนำไปเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์การให้คะแนนตามจุดมุ่งหมาย 4 ระดับ คือ ยอดเยี่ยม (4) ดี (3) กำลังพัฒนา (2) และเริ่มต้น (1) (โชติกา สงคราม, จักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม และสนิทร สุภาพ, 2563)

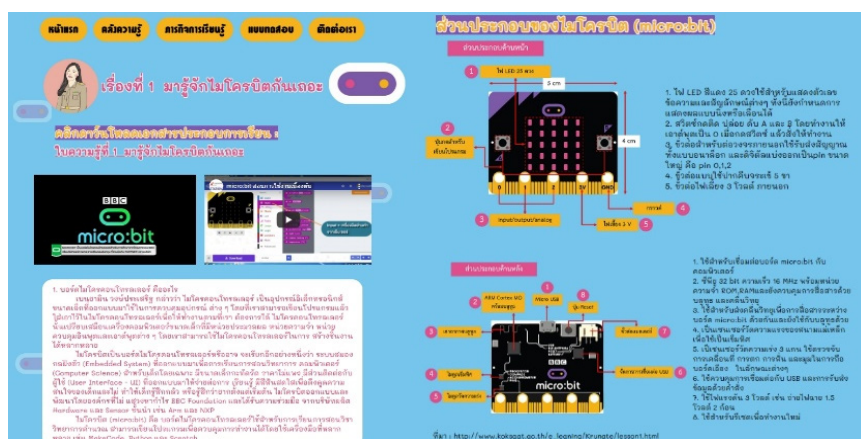
4) วิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เรียนโดยใช้ข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็น ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละและการวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์ แบบตีความข้อมูล และนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ตัดสินคุณภาพ โดยยึดหลักค่าเฉลี่ยที่ยอมรับได้ คือ ตั้งแต่ 3.50 ถึง 5.00 (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ผลการวิจัย

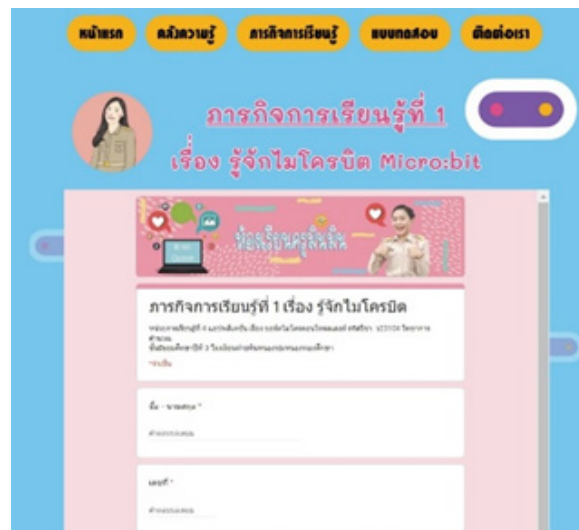
1. ผลการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีองค์ประกอบ 5 ส่วน ได้แก่ 1) หน้าแรก คือ หน้าต้อนรับเข้าสู่บทเรียน มีภาพกิจกรรม และแบบสอบถาม 2) คลังความรู้ คือ เนื้อหาเรื่องที่ต้องเรียนและสามารถดาวน์โหลดใบความรู้ได้ 3) การฝึกการเรียนรู้ คือ หน้าที่ให้ผู้เรียนได้ทำการฝึกการเรียนรู้ 4) แบบทดสอบ คือ หน้าแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 5) ติดต่อเรา หน้าข้อมูลผู้สอนเพื่อให้ผู้เรียนได้ติดต่อสอบถาม



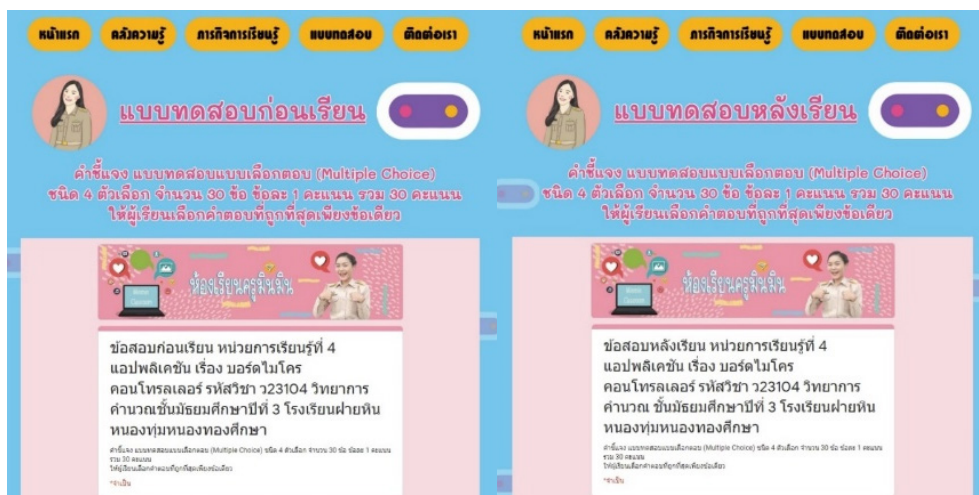
ภาพที่ 2 หน้าแรกของบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน



ภาพที่ 3 หน้าคลังความรู้ของบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน



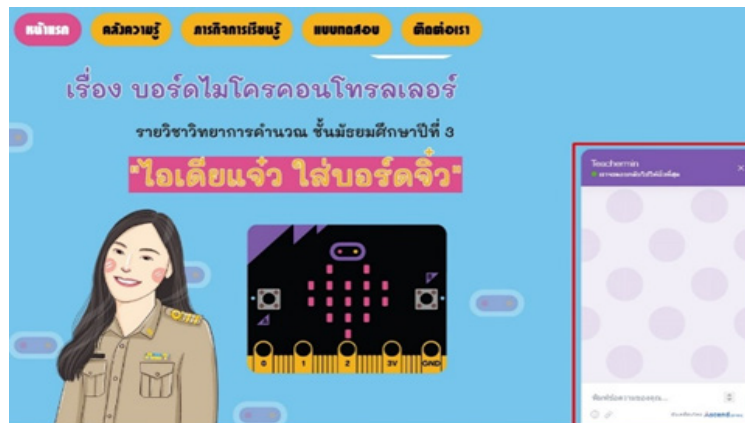
ภาพที่ 4 หน้าภารกิจการเรียนรู้ของบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน



ภาพที่ 5 หน้าแบบทดสอบของบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน



ภาพที่ 6 หน้าติดต่อเราของบทเรียนบนเครือข่าย



ภาพที่ 7 ตัวอย่างหน้าจอสำหรับผู้เรียนสอบถามผู้สอนผ่านการแชทในบทเรียนบนเครือข่าย

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า บทเรียนบนเครือข่ายจึงมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 87.20/80.45 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)	22	60	52.32	3.98	87.20
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)	22	30	24.14	2.85	80.45
ประสิทธิภาพของของบทเรียนบนเครือข่าย (E_1/E_2)					87.20

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตารางที่ 5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนโดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเครือข่าย	n	$\bar{X}$	S.D.	t
แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-Test)	22	8.91	2.99	21.22*
แบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test)	22	24.14	2.85	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

4. ผลการศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณ พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ร้อยละ 90.63 ($\bar{X}=3.63$, S.D.=0.59)

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ	การแยกย่อย	การจัดจำรูปแบบ	การคิดเชิงนามธรรม	การออกแบบขั้นตอนวิธี	ค่าเฉลี่ย
	4	4	4	4	4.00
$\bar{X}$	3.59	3.77	3.64	3.50	3.63
S.D.	0.59	0.43	0.58	0.74	0.59
ร้อยละ	89.77	94.32	90.91	87.50	90.63

5. ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ในภาพรวมมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.88$, S.D.=0.31)

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านเนื้อหา	4.86	0.35	ดีมาก
2. ด้านการออกแบบและการจัดการบทเรียน	4.85	0.37	ดีมาก
3. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ภายในชั้นเรียน	4.84	0.37	ดีมาก
4. ด้านผู้เรียน	4.86	0.34	ดีมาก
5. ด้านผู้สอน	4.97	0.13	ดีมาก
รวมเฉลี่ย	4.88	0.31	ดีมาก

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานครั้งนี้ ได้นำแนวคิดที่ปรับปรุงจาก ดุษฎี โยเหลาและคณะ (2557) ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจากการศึกษาโรงเรียนในประเทศไทย โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน 2) ขั้นกระตุ้นความสนใจ 3) ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ 4) ขั้นแสวงหาความรู้ 5) ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ 6) ขั้นนำเสนอผลงาน และส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งประกอบด้วยลำดับการใช้ทักษะย่อย 4 ทักษะ

(สสวท., 2561) ได้แก่ 1) แนวคิดการแยกย่อย 2) แนวคิดการจัดจำรูปแบบ 3) แนวคิดเชิงนามธรรม และ 4) แนวคิดการออกแบบขั้นตอนวิธี ทำให้บทเรียนบนเครือข่ายมีองค์ประกอบ 5 ส่วน ได้แก่ 1) หน้าแรก 2) คลังความรู้ 3) การกิจกรรมการเรียนรู้ 4) แบบทดสอบ 5) ติดต่อเรา โดยเมื่อนำบทเรียนบนเครือข่ายไปใช้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนระหว่างเรียนร้อยละ 87.20 ($\bar{X}=52.32$, S.D.=3.98) มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 87.20 และคะแนนทดสอบหลังเรียนร้อยละ 80.45 ($\bar{X}=24.14$, S.D.=2.85) มีประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 80.45 ดังนั้น บทเรียนบนเครือข่ายจึงมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 87.20/80.45 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ไว้ ทั้งนี้ เนื่องจากผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่าย โดยใช้ขั้นตอน Addie Model ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การทดลองใช้ และการประเมินผล โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของบทเรียนบนเครือข่าย จำนวน 5 ท่าน พบว่า บทเรียนบนเครือข่ายคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.86$, $S.D.=0.26$) ด้านที่มีคุณภาพสูงที่สุดคือ ด้านการใช้ภาษา อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=5.00$, $S.D.=0.00$) รองลงมาคือด้านแบบทดสอบการประเมินผล อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.88$, $S.D.=0.27$) ด้านเนื้อหาและการดำเนินเรื่อง อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.83$, $S.D.=0.30$) ด้านการออกแบบ อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.80$, $S.D.=0.38$) และด้านการจัดการบทเรียน อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.80$, $S.D.=0.33$) ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของนิตยา มั่นศักดิ์ (2560) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่าย อินเทอร์เน็ต เรื่อง การสร้างและตกแต่งงานคอมพิวเตอร์ ด้วยโปรแกรมกราฟิก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่าคุณภาพโดยรวมของเครื่องมืออยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.40$) มีประสิทธิภาพระหว่างก่อนใช้และหลังการใช้ (E_1/E_2) เท่ากับ 86.94/87.81 มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 87.20 และคะแนนทดสอบหลังเรียนร้อยละ 80.45 ($\bar{X}=24.14$, $S.D.=2.85$) มีประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 80.45 ดังนั้น บทเรียนบนเครือข่ายจึงมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 87.20/80.45 และสอดคล้องกับงานวิจัยของวิวัฒนา พลาชัยและวินัย เพ็งภิญโญ (2563) ที่ได้ศึกษาผลของการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ Mobile Learning โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ ในรายวิชาการเรียนเว็บไซต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่าประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ Mobile Learning ที่พัฒนาขึ้นมีค่าเท่ากับ 82.00/82.11 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียน ($\bar{X}=8.91$, $S.D.=2.99$) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน ($\bar{X}=24.14$, $S.D.=2.85$) เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของอรเพ็ญ ชนะสุข (2562) ได้ศึกษาผลการพัฒนาบทเรียน

บนเครือข่ายเรื่องการใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2010 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าบทเรียนบนเครือข่ายเรื่อง การใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2010 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 88.59/89.50 นักเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ผลการศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเครือข่าย ตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณที่มีหลักเกณฑ์การให้คะแนนตามจุดมุ่งหมาย 4 องค์ประกอบหลัก (โชติกา สงคราม และคณะ, 2563) ได้แก่ 1) การแยกย่อย 2) การจดจำรูปแบบ 3) การคิดเชิงนามธรรม 4) การออกแบบขั้นตอนวิธี พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ร้อยละ 90.63 ($\bar{X}=3.63$, $S.D.=0.59$) องค์ประกอบที่มีคะแนนสูงสุดคือการจดจำรูปแบบ ร้อยละ 94.32 ($\bar{X}=3.77$, $S.D.=0.43$) รองลงมาคือการคิดเชิงนามธรรม ร้อยละ 90.91 ($\bar{X}=3.64$, $S.D.=0.58$) การแยกย่อย ร้อยละ 89.77 ($\bar{X}=3.59$, $S.D.=0.59$) และการออกแบบขั้นตอนวิธี ร้อยละ 87.50 ($\bar{X}=3.50$, $S.D.=0.74$) สอดคล้องกับงานวิจัยของโชติกา สงครามและคณะ (2563) ได้ศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าผลการวิจัยจากใบกิจกรรมและแบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณแสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับยอดเยี่ยมทั้ง 4 องค์ประกอบย่อย ได้แก่ การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย การพิจารณารูปแบบของปัญหา การพิจารณาสาระสำคัญของปัญหา และการออกแบบอัลกอริทึม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ วีระพงษ์ จันทรเสนา และมานิตย์ อาษานอก (2563) ได้ศึกษาผลการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้โปรแกรมเชิงจินตภาพที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถการเขียนโปรแกรม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้โปรแกรมเชิงจินตภาพมีการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีความสามารถในการเขียนโปรแกรม

ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายตามการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ในภาพรวมมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.88$, S.D.= 0.31) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย คือ ด้านผู้สอนอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}= 4.97$, S.D.= 0.13) รองลงมาคือ ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}= 4.86$, S.D.=0.35) ด้านผู้เรียนอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}= 4.86$, S.D.=0.34) ด้านการออกแบบและการจัดการบทเรียน อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}= 4.85$, S.D.=0.37) และด้านกิจกรรมการเรียนรู้ภายในชั้นเรียน อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.84$, S.D.=0.37) สอดคล้องกับงานวิจัยของธัญญาณ์ สมหวัง และอลิสาทรงศรีวิทยา (2562) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน วิชาคอมพิวเตอร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การสร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของวัฒนา พลาชัยและวินัย เพ็งภิญโญ (2563) ได้ศึกษาผลของการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ Mobile Learning โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ ในรายวิชาการเขียนเว็บไซต์ สำหรับนักเรียน

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กิตติศักดิ์ อังคะนาวิน. (2561). การพัฒนาชุดทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16F877/16F84. *วารสารนวัตกรรมการศึกษาและการวิจัย*, 2(1). <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jeir/article/view/247449>
- ชยการ ศิริรัตน์. (2562) การใช้กระบวนการแก้ปัญหาและโปรแกรม App Inventor พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking: CT) สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา. *วารสารครุศาสตร์*, 47(2). <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDUCU/issue/view/14478>
- ชนันท์ธิดา ประพิน กอบสุข คงมนัส ช่อบุญ จิราณุภาพ และวาริรัตน์ แก้วอุไร. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาคอมพิวเตอร์ด้วยการเรียนแบบโครงงาน เป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร สำหรับ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 21(1).https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/87316
- ชิดชนก ภูเพ็ชร. (2562). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเว็บที่ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. [วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร.

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่ามีความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ Mobile Learning โดยรวมอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้
 - 1) ผู้สอนต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ทรัพยากรในการใช้งานให้มีความพร้อม เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ สัญญาณอินเทอร์เน็ต และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
 - 2) ผู้สอนต้องทำการแนะนำขั้นตอนวิธีการใช้งานบทเรียนบนเครือข่าย การส่งงาน ให้กับผู้เรียนก่อนใช้บทเรียน
 - 3) ควรเพิ่มระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนให้มากกว่านี้ เพราะเนื้อหาค่อนข้างยาก และเพื่อให้ผู้เรียนได้มีเวลาศึกษาทำความเข้าใจในเนื้อหาได้มากขึ้น
2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป
 - 1) เนื่องจากในครั้งนี้อุปกรณ์ทรัพยากรในการใช้งานค่อนข้างจำกัด มีเพียงแค่มือโครบิตในการสร้างชิ้นงาน ในครั้งต่อไปควรเพิ่มเซ็นเซอร์อื่น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาต่อยอดการเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้น
 - 2) ควรศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายในเรื่องอื่น ๆ สำหรับรายวิชาวิทยาการคำนวณ

- โชติกา สงคราม จักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม และวรินทร์ สุภาพ. (2563). การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 12(1), 203-217.
- ณรงค์พร เหล่าศรีสิน. (2563). *คู่มือ micro:bit สำหรับ STEM และวิทยาการคำนวณ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). บริษัท พิมพ์ดี จำกัด.
- ณรงค์พร เหล่าศรีสิน. (2563). *รวมโครงการ micro:bit จบโอเดียแจ่ว ไล่บอร์ดจิ๋ว*. บริษัท พิมพ์ดี จำกัด.
- ธัญญญาณ์ สมหวัง และอลิสรา ทรงศรีวิทยา. (2562). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบโรงงานเป็นฐานวิชาคอมพิวเตอร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การสร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 18(2), 207-217.
- นิตยา มั่นศักดิ์. (2560). *การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง การสร้างและตกแต่งงานคอมพิวเตอร์กราฟิกด้วยโปรแกรมกราฟิก สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6* [ปริญญาานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร]. http://www.edu.nu.ac.th/th/news/docs/download/2018_03_30_11_01_31.pdf
- เบนยามิน วงษ์ประเสริฐ. (2563). *คู่มือครู ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การเขียนโปรแกรม สำหรับควบคุมและใช้งานบอร์ด micro:bit เพื่อเป็นพื้นฐานในการสร้างสรรค์โครงการ*. บริษัท ไทยร่มเกล้า จำกัด.
- (2563). *หนังสือกิจกรรมเรียนรู้การเขียนโปรแกรม micro:bit สำหรับควบคุมและใช้งาน*. บริษัท ไทยร่มเกล้า จำกัด.
- ประสงค์ บรรจงเพียร และชัยพล ธงชัยสุรศักดิ์กุล. (2562). สะเต็มคอมพิวเตอร์โดยโครงการเป็นฐานสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยชุดควบคุมอัตโนมัติ. *วารสารมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์และศิลปะมหาวิทยาลัยศิลปากร*, 12(6), 2032-2045.
- ภาสกร เรืองรอง รุจโรจน์ แก้วอุไร ศศิธร นาม่วงอ่อน อพัชชา ช้างขวัญยืน และศุภสิทธิ์ เตังคิว. (2561). Computational Thinking กับการศึกษาไทย. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, (10)3, 332-330.
- วรเดช ทุมมะชาติ และมานิตย์ อาษานอก. (2561). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์ระหว่างการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน กับบทเรียนแบบเว็บควอสต์ เรื่อง การเขียนโปรแกรมภาษาซีเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 12(2), 301-312.
- วัชรภรณ์ เพ็งสุข. (2560). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ วิชาคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุบาลสุพรรณบุรี. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 32(1), 1-13.
- วีระพงษ์ จันทรเสนา และ มานิตย์ อาษานอก. (2563). การประเมินองค์ประกอบการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้โปรแกรมเชิงจินตภาพที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารบัณฑิตวิจัย*, 11(1), 44-54.
- อุไรวรรณ ศรีไชยเลิศ และภาณุวัฒน์ ศรีไชยเลิศ. (2562). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน ด้วยวิธีการเรียนแบบเพื่อนคู่คิดร่วมกับการเรียนแบบโครงการเป็นฐาน. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 18(1), 50-58.
- เอกพิศิษฐ์ อุตรา พรธณี ลีกิจวัฒน์ และจุฑาพร กันตธานวัฒน์. (2561). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเขียนโปรแกรมโดยใช้คำสั่งวนซ้ำ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 17(1), 45-51.
- Awad A. Younis, Rajshekhar Sunderraman, Mike Metzler และ Anu G. Bourgeois. (2019). Case Study: Using Project Based Learning to Develop Parallel Programing and Soft Skills. *IEEE Computer society*, 20-24 May 2019. <https://doi.org/10.1109/IPDPSW.2019.00059>
- Katalin Harangusa และ Zoltán Kátai. (2020). Computational Thinking in Secondary and Higher Education. *Procedia Manufacturing*, 2020(46), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920309665>