

รูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบ
สมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา

AN INSTRUCTIONAL MODEL USING ONLINE SIMULATION TOOL FOR
EMBEDDED SYSTEM TO ENHANCE COMPUTATIONAL THINKING OF
SECONDARY SCHOOL STUDENTS

วิทย์านนท์ ขาวสังข์¹ และปราวีณยา สุวรรณธวัช²
Wittayanon Kaosang¹ and Praweenya Suwannatthachote²

^{1,2}หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

^{1,2}Master of Education in Educational Technology and Communications, Faculty of Education,
Chulalongkorn University
E-mail: wittayanon.k@chula.ac.th

Received:	April 30, 2024
Revised:	June 26, 2024
Accepted:	June 27, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลอง
สถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ
ของนักเรียนมัธยมศึกษา 2) เปรียบเทียบผลการใช้รูปแบบการสอนฯ และ 3) วิเคราะห์ระดับ
พัฒนาการทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการเรียนรู้ด้วยเครื่องมือการจำลอง
สถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวในรูปแบบการสอนโดยใช้วิธีแก้ปัญหา
ร่วมกับเทคนิคแบบทีม คู่เดียว กลุ่มตัวอย่างการวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนในรายวิชา
สมองกลฝังตัว จำนวน 16 คน เครื่องมือที่ใช้วิจัย ได้แก่ 1) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ
ด้านการสอนเทคโนโลยี 2) รูปแบบการสอนฯ 3) แผนการจัดกิจกรรมเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนฯ
4) แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ 5) แบบสังเกตการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน วิเคราะห์ผลข้อมูล
เชิงปริมาณใช้สถิติบรรยายและการวิเคราะห์ Wilcoxon Signed Ranks Test วิเคราะห์ข้อมูล
เชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการสอนฯ มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) หลักการของรูปแบบ
การสอน (2) วัตถุประสงค์การเรียนรู้ (3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ (4) แนวทางการวัดและประเมินผล
ผลการตรวจสอบคุณภาพ พบว่า รูปแบบการสอนฯ มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนด อยู่ในระดับดีมาก
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 แสดงว่ารูปแบบการสอนฯ ที่พัฒนาขึ้น
มีความเหมาะสมและสามารถนำไปทดลองใช้ได้ 2) นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนฯ โดยรวม

มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และ 3) คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน เท่ากับ 9.00 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับต้น

คำสำคัญ

การคิดเชิงคำนวณ เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว

ABSTRACT

This research objectives aimed to 1) develop an instructional model using online simulation tool for embedded system to enhance computational thinking of secondary school students, 2) compare the impact of implementing the developed instructional model on computational thinking skills among secondary school students, and 3) assess the level of progress of students' computational thinking after learning through the developed online simulation tool in instructional model using problem-solving methods combined with team, pair, and individual techniques . Sixteen eighth-grade students participated in this study. The research employed various tools, including 1) a semi-structured interview form for experts, 2) an instructional model using online simulation tool for embedded system to enhance computational thinking of secondary school students 3) lesson plans according to the instructional model 4) computational thinking assessment 5) observation form. Quantitative data was analyzed using descriptive statistics and Wilcoxon Signed Ranks Test. Qualitative data was analyzed using content analysis.

The research findings revealed that 1) the instructional model consisted of 4 components: (1) principles of instructional model, (2) learning objectives, (3) instructional procedures and (4) evaluation and assessment. The quality validation results showed that the teaching style met the specified criteria at a very good level ($M = 4.49$, $SD = 0.52$), indicating that the developed model was appropriate and suitable for testing, 2) students participated in this instructional model achieved a significantly higher overall scores compared to their scores before the study, at the .05 significance level, and 3) students' computational thinking of relative change scores were 9.00, indicating development at the initial level.

Keywords

Computational Thinking, Simulation Tools for Embedded System

ความสำคัญของปัญหา

ช่วงเวลาที่ผ่านมาหลายประเทศมีการนำเทคโนโลยีทางการศึกษามาปรับใช้ ในกระบวนการจัดการเรียนรู้หรือการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ ได้พัฒนาความรู้ ความสามารถด้าน เทคโนโลยีให้กับกำลังคนเพื่อให้สามารถปรับตัว อยู่รอดกับการเปลี่ยนแปลงข้างต้น ปรับปรุงและ เปลี่ยนแปลงหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปสู่หลักสูตรวิทยาการคำนวณ ที่มุ่งเน้นให้ ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ จากการศึกษา ตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีของหลายประเทศ เช่น ตัวอย่างการเรียนการสอน วิทยาการคำนวณของประเทศอังกฤษ มีการบรรจุวิชาวิทยาการคำนวณไว้ในหลักสูตรระดับชาติตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2014 สาธารณรัฐฟินแลนด์มีหลักสูตรระดับชาติที่เน้นวิชาวิทยาการคำนวณ ตัวอย่างภูมิภาค เอเชียคือประเทศญี่ปุ่นที่จัดการเรียนการสอนวิทยาการคำนวณได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอีก ตัวอย่างที่ชัดเจนในการจัดสร้างสื่อในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณคือสหรัฐอเมริกา ที่มีการ สนับสนุนให้นักเรียนทั้งประเทศเรียนวิชา Computer Science ในประเทศไทยมีการบรรจุ วิชาวิทยาการคำนวณ ไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) และเริ่มบังคับใช้ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2561 ประกาศให้วิชาวิทยาการคำนวณย้าย มาอยู่ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ และเป็นวิชาบังคับที่เด็กต้องเรียนทั้ง 12 ชั้นปี ตั้งแต่ประถมศึกษา ปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 (IPST, 2018)

จากตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ด้านการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของแต่ละประเทศ เห็นได้ว่าแต่ละประเทศเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาเยาวชนให้มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ หลาย ๆ ประเทศ นำเนื้อหาความรู้การคิดแก้ปัญหามาประยุกต์กับเครื่องมือหรือนวัตกรรมทาง เทคโนโลยีเพื่อให้เกิดเป็นรูปธรรมมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์หรือ ซอฟต์แวร์สำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ มีการสอนโดยเน้นการสร้าง ขึ้นงาน นวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน นวัตกรรมหรือการสอนที่เกิดขึ้นนั้น ส่วนใหญ่ จะเกี่ยวข้องกับด้านระบบอัตโนมัติ เทคโนโลยีด้านสมองกลฝังตัว เทคโนโลยี IoT ดังนั้นวิชาสมองกล ฝังตัว จึงเป็นวิชาที่เป็นพื้นฐานความรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเกิดการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหา ของตนเองอย่างเป็นกระบวนการด้วยเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน (Office of the Education Council, 2021)

การออกแบบวิธีการจัดการสอนที่เหมาะสม สามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้อย่างมี ประสิทธิภาพ มีหลากหลายวิธีการที่แตกต่างกันออกไป จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การจัดการเรียนเรียนรู้โดยการเลือกใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ (Simulation Tools) Abburi, Praveena & Priyakanth (2021) ที่มีความเหมาะสมกับช่วงวัยของผู้เรียน เป็นการจำลอง สถานการณ์กระบวนการออกแบบจำลองของระบบจริง ในการสอนวิชาสมองกลฝังตัวหรือรายวิชา อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง วิชานี้จะเน้นการเรียนรู้แบบปฏิบัติ นักเรียนจึงจะสามารถเข้าใจหลักการทำงานของ ระบบสมองกลฝังตัวได้ โดยนำวิธีการสอนแบบแก้ปัญหา ร่วมกับการเรียนแบบทีม คู่ เดี่ยว Rajagopal, Hareesha & Kundapur (2017) มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน รายวิชาสมองกลฝัง ตัวเป็นอีกตัวอย่างการสอนที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดทักษะการคิดเชิงคำนวณ จึงทำให้เกิดรูปแบบ การสอนที่มีการทำกิจกรรมการแก้ปัญหาที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณให้นักเรียน การเรียนรู้ระบบ

สมองกลฝังตัวของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เป็นลักษณะการเรียนรู้ในเรื่องของพื้นฐานของวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงการเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น หรือที่เรียกว่าบอร์ดสมองกลฝังตัว เพื่อให้ นักเรียนสามารถเข้าใจกระบวนการทำงานของเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลงาน โครงการเพื่อการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันต่อไป

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนครั้งนี้ จึงทำให้เล็งเห็นความสำคัญในการทำวิจัยพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวครอบคลุมทั้งในบริบทของผู้สอนและผู้เรียน พร้อมรองรับรูปแบบการเรียนรู้แบบออนไลน์และออนไซต์ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง พร้อมรับมือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอนวิทยาการคำนวณ เพื่อเสนอเป็นแนวทางในการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน พัฒนาให้ผู้เรียนสามารถปรับตัว พร้อมรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี และสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสมต่อไปในอนาคต

โจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัย

1. รูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา มีองค์ประกอบและขั้นตอนการสอนอย่างไร
2. รูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา มีผลต่อการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาหรือไม่ อย่างไร
3. ระดับพัฒนาการทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน หลังจาการเรียนด้วยรูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้รูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน
3. เพื่อวิเคราะห์ระดับพัฒนาการทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน หลังจาการเรียนด้วยเครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวในรูปแบบการสอนโดยใช้วิธีแก้ปัญหาร่วมกับเทคนิคแบบทีม คู่ เดี่ยว

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 พัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา

1.1 วิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้อง นำผลที่ได้มาใช้ในการกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยวิเคราะห์ สังเคราะห์ ดังนี้ วิธีสอนแบบแก้ปัญหา เครื่องมือที่จำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว เทคนิคแบบทีม คู่ เดี่ยว การคิดเชิงคำนวณ

1.2 สัมภาษณ์ความคิดเห็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเทคโนโลยี และด้านการสอนเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 9 คน โดยสัมภาษณ์เกี่ยวกับด้านการคิดเชิงคำนวณและวิธีการสอนแบบแก้ปัญหา ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ ด้านองค์ประกอบที่จำเป็นในการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิธีการที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ ผลการสัมภาษณ์และข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ สรุปได้ 3 ประเด็นดังต่อไปนี้ ประเด็นที่ 1 สถานการณ์ต่าง ๆ ที่ตั้งโจทย์ขึ้นเพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหา โดยภาพรวมจะต้องเน้นไปในทิศทางของการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ประเด็นที่ 2 เรื่องการให้คำแนะนำแก่ผู้เรียน จะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง และให้คำแนะนำเมื่อต้องการ ประเด็นที่ 3 โดยภาพรวมจะแนะนำเครื่องมือ Tinkercad สำหรับการเรียนรู้การต่อวงจรไฟฟ้าและสมองกลฝังตัวเบื้องต้น และมีแนะนำเครื่องมือเพิ่มเติม เช่น โปรแกรม Wokwi จำลองการทำงานออนไลน์ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ESP32, Arduino และ Raspberry Pi Pico เหมาะกับการสอนในระดับการเรียนรู้ที่สูงขึ้นหรือการต่อยอดพัฒนานวัตกรรมด้านเทคโนโลยีสมองกลในขั้นต่อไป

1.3 ร่างรูปแบบการสอนฯ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการหรือแนวคิดเกี่ยวกับการสอน 2) วัตถุประสงค์ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 4) แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน และทำการตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการสอนฯ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน โดยผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาและให้ข้อเสนอแนะในการสื่อความหมาย ด้านความครอบคลุมเนื้อหา ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ ได้รับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ สรุปได้เป็น 2 ประเด็น คือ ประเด็นที่ 1 เพิ่มรายละเอียดของเกณฑ์การวัดประเมินผล ในแต่ละกิจกรรมให้ชัดเจน เพื่อให้ผู้เรียนมีเป้าหมายในการเรียนรู้ ซึ่งการวัดต้องเป็นแนวทางการวัดการคิดเชิงคำนวณ ประเด็นที่ 2 กำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้ชัดเจนมากขึ้น เพิ่มเวลาให้เหมาะสมกับการใช้งานเครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้สมองกลฝังตัว มาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงรูปแบบการสอนก่อนนำไปใช้ทดลอง

1.4 ออกแบบแผนการสอนตามรูปแบบการสอนฯ ที่ปรับแก้ตามการให้คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ รายวิชาสมองกลฝังตัว หน่วยการเรียนรู้เรื่องการแก้ปัญหาด้วยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว จำนวน 6 คาบเรียน ผู้วิจัยออกแบบแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน หลังเรียน จำนวน 30 ข้อ ตามตารางวิเคราะห์การสร้างแบบวัดการคิดเชิงคำนวณที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนฯ จากนั้นนำแบบวัดการคิดเชิงคำนวณไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ก่อนนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มตัวอย่างที่ใกล้เคียง โดยนำผลการทดลองใช้ที่ได้มา

วิเคราะห์รายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ก่อนนำไปใช้จริง และผู้วิจัยได้ออกแบบแบบสังเกตการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน

ระยะที่ 2 ทดลองใช้รูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา

2.1 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม จำนวน 220 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาสมองกลฝังตัว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคปลาย ปีการศึกษา 2566 จำนวน 16 คน โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2.2 แบบแผนในการวิจัย

การดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการสอนฯ เป็นการทดลองดำเนินการในลักษณะของการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาสมองกลฝังตัว โดยมีขั้นตอนการทดลองตามรูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – Experimental Research) ซึ่งเป็นรูปแบบแผนการวิจัยกลุ่มเดียว มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest and Posttest Design) มีการวัดผลก่อนและหลังการทดลอง ตัวอย่างการวิจัยคัดเลือกโดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเพิ่มเติม วิชาสมองกลฝังตัว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการทดลองรูปแบบการสอนฯ มีการวัดและประเมินตัวแปรตามในการทดลอง 2 รูปแบบ ดังนี้

1) ประเมินโดยใช้แบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน

2) ประเมินคะแนนการคิดเชิงคำนวณจากการสังเกตการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนรายบุคคลในการทำกิจกรรม

การวัดพัฒนาการการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งผนวกกับการทำกิจกรรม โดยจะทดสอบ 2 ครั้ง ซึ่งประกอบด้วย ทดสอบก่อนเรียน 1 ครั้ง และทดสอบหลังเรียน 1 ครั้ง

ตารางที่ 1 การออกแบบการวิจัยตัวแปรการคิดเชิงคำนวณ

กลุ่ม	การวัดก่อน การเรียนรู้	ตัวแปรจัดกระทำ	การวัดหลัง การเรียนรู้
E	O1	X	O2

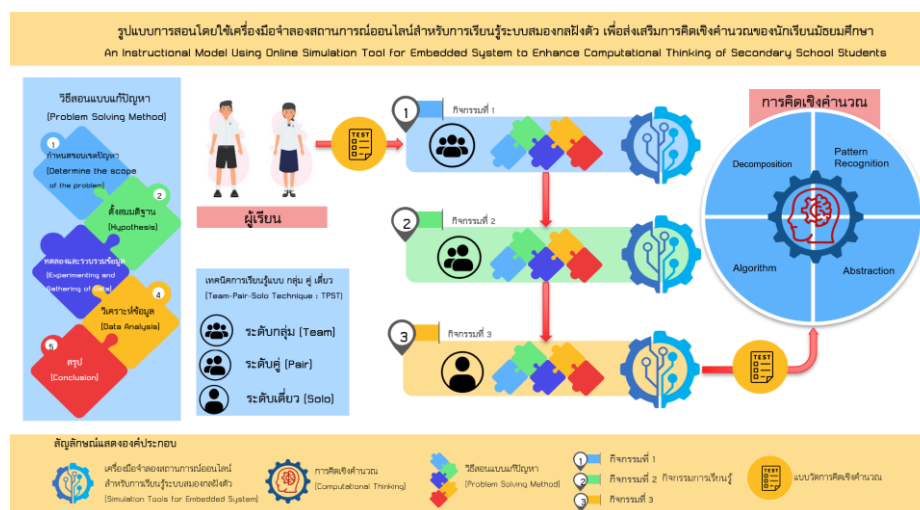
เมื่อ	E	หมายถึง	กลุ่มทดลอง
	O1	หมายถึง	มีการทดสอบก่อนเรียน
	X	หมายถึง	ได้รับการทดลองใช้รูปแบบฯ
	O2	หมายถึง	มีการทดสอบหลังเรียน

2.4 การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

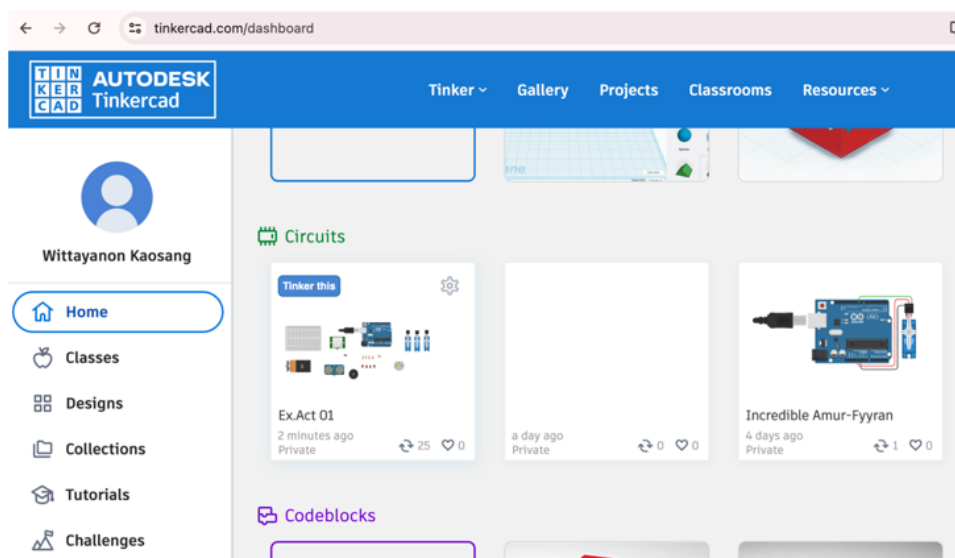
- 1) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายข้อมูลทั่วไป
- 2) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนระหว่างการศึกษาเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ t-test dependent
- 3) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อดูพัฒนาการด้านการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้สถิติการวัดความเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ (Relative Change Score) Kanjanawasee (1989 cited in Areemitr, 2004) เพื่ออธิบายข้อมูล โดยมีการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดเชิงคำนวณจากการวัดก่อนเรียนเป็นฐาน
- 4) การวิเคราะห์คะแนนการคิดเชิงคำนวณจากการสังเกตการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนรายบุคคลในการทำกิจกรรม

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาแบบการสอนฯ มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการของรูปแบบการสอน 2) วัตถุประสงค์การเรียนรู้ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4) แนวทางการวัดและประเมินผล และมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบแก้ปัญหา 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) กำหนดขอบเขตของปัญหา 2) ตั้งสมมติฐาน 3) ทดลองและรวบรวมข้อมูล 4) วิเคราะห์ข้อมูล 5) สรุป โดยมีกระบวนการเรียนรู้ดังภาพที่ 1 และในการวิจัยครั้งนี้มีการใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้สมองกลฝังตัว ที่เลือกใช้คือ เครื่องมือ Tinkercad ซึ่งมีคุณลักษณะที่ทำให้นักเรียนสามารถจำลองการต่อวงจรและแสดงผลได้เสมือนการต่อวงจรของจริง เครื่องมือนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้และสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาตามที่โจทย์กำหนดในแต่ละกิจกรรมของรูปแบบการสอนฯได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 รูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา



ภาพที่ 2 เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์ที่เลือกใช้ในจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว (Simulation Tools for Embedded System) : Tinkercad

2. ผลการทดลองใช้รูปแบบการสอนฯ ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนที่ลงรายวิชาเพิ่มเติม รายวิชาสมองกลฝังตัว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Mean Rank	Asymp. Sig (2-tailed)
ก่อนเรียน	16	30	16.00	2.67	6.00	0.003
หลังเรียน	16	30	17.63	2.18		

*p<.05

จากตารางที่ พบว่า คะแนนการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาสมองกลฝังตัวมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 17.63$, $SD = 2.18$ ส่วนคะแนนการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนของนักเรียนมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 16.00$, $SD = 2.67$ ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ Wilcoxon Signed Ranks Test พบว่า $p\text{-value} = .003$ ($<.05 = \text{Significant}$) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา โดยภาพรวมมีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. ผลการวิเคราะห์ระดับพัฒนาการการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ด้วยสถิติการวัดความเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ (Relative Change Score) Kanjanawasee (1989 cited in Areemit, 2004)

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนการคิดเชิงคำนวณตามเกณฑ์คะแนนพัฒนาการเทียบระดับพัฒนาการโดยใช้รูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ	คะแนน	จำนวนคน	ร้อยละ
100 - 76	สูงมาก	-	-	-
75 - 51	สูง	-	-	-
50 - 26	ปานกลาง	31.58 - 26.32	2	12.50
25 - 1	ต้น	21.05 - 5.26	9	56.25
0	ไม่มี	0	5	31.25
		รวม	16	100

จากตาราง พบว่า ผลการศึกษาพัฒนาการการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนฯ จำนวน 16 คน โดยค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนฯ เท่ากับ 16.00 และค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนฯ เท่ากับ 18.00 โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนทั้งหมด เท่ากับ 9.00 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับต้น ทั้งนี้แบ่งเป็นนักเรียนที่มีพัฒนาการของการคิดเชิงคำนวณในระดับปานกลาง จำนวน 2 คน ระดับต้น จำนวน 9 คน และนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการของการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 5 คน

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 พัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา

1. การใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือ Tinkercad เป็นเครื่องมือในการทำกิจกรรมการเรียนรู้สมองกลฝังตัว รวมถึงการนำขั้นตอนวิธีการสอนแบบแก้ปัญหา 5 ขั้นตอน จากการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาศักยภาพการคิดเชิงคำนวณได้ ทั้งนี้เครื่องมือที่นำมาใช้สามารถใช้งานได้ง่าย และเหมาะกับการเรียนรู้พื้นฐานสำหรับงานด้านระบบสมองกลฝังตัว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Abburi, Praveena, & Priyakanth (2021) ที่ได้ศึกษาการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อการจำลอง

ห้องปฏิบัติการและอธิบายข้อจำกัดบางประการของเครื่องมือ Tinkercad โดยการสำรวจการใช้งานจากนักเรียน พบว่าประสิทธิภาพของเครื่องมือ Tinkercad เมื่อเปรียบเทียบกับแพลตฟอร์มหรือเครื่องมืออื่น ซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์นี้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำงานได้เสมือนการต่อวงจรจริง ส่วนเครื่องมือจำลองการต่อวงจรอื่น ๆ เช่น LTSpice, PSpice, EasyEDA Simulator, Proteus by Lab center เป็นแพลตฟอร์มขั้นสูงสำหรับนักพัฒนาและการวางแผนที่ต้องการทำความเข้าใจกับแผงวงจรและแผนผังต่าง ๆ เครื่องมือจำลองสถานการณ์เหล่านี้ไม่ได้อนุญาตให้ผู้สอนตรวจสอบงานขณะที่ผู้เรียนกำลังดำเนินการสร้างวงจรและการจำลอง แต่เครื่องมือ Tinkercad สามารถทำได้ ห้องเรียนเสมือนจริงใน Tinkercad ช่วยให้สามารถลงมือปฏิบัติจริงและสัมผัสได้ถึงการทำการทดลองจริง เหมือนสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการจริง และช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถออกแบบการต่อวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวลักษณะนี้ช่วยจำลองความเป็นจริงของการต่อวงจรระบบสมองกลฝังตัวก่อนไปใช้อุปกรณ์จริงได้ เห็นจากกระบวนการทำกิจกรรมของนักเรียน

2. วิธีสอนแบบแก้ปัญหา (Problem Solving Method) ในการวิจัยครั้งนี้จะมีสถานการณ์ปัญหาจำลองที่ผู้เรียนจะต้องใช้วิธีการในการแก้ปัญหาตามหลักการคิดเชิงคำนวณ ตามกิจกรรมที่ผู้สอนได้กำหนดไว้ตามขั้นตอนการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอนดังนี้ 1) กำหนดขอบเขตของปัญหา (Determine the scope of the problem) 2) ตั้งสมมติฐาน (Hypothesis) 3) ทดลองและรวบรวมข้อมูล (Experimenting and Gathering of Data) 4) วิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) 5) สรุป (Conclusion) พบว่า การนำแนวคิดของ Torrance (1962 cited in Khammanee, 2019) ขั้นตอนในการแก้ปัญหาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา เหมาะสมกับเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้และก่อให้เกิดการแก้ปัญหาในรายวิชา กิจกรรมสถานการณ์จำลองได้ สอดคล้องกับ Khammanee (2019) รูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการคิดแก้ปัญหา ได้น้องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบ คือการคิดคล่องแคล่ว การคิดยืดหยุ่น การคิดริเริ่ม มาใช้กับกระบวนการคิดแก้ปัญหา และการใช้ประโยชน์จากกลุ่มซึ่งมีความคิดที่หลากหลาย สอดคล้องกับแนวคิด การคิดแก้ปัญหา (Problem Solving) เป็นการคิดหาทางแก้ไขอุปสรรค ที่เกิดขึ้นเพื่อให้บรรลุถึงจุดหมายตามที่วางไว้ โดยใช้ความสามารถย่อยการคิดต่าง ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การคิดที่สลับซับซ้อนมากขึ้น ประกอบด้วย ทักษะการคิดพื้นฐาน ทักษะการคิดที่เป็นแกนหรือทักษะการคิด และทักษะการคิดขั้นสูง จึงได้วิธีการแก้ปัญหา

ตอนที่ 2 ศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา

การนำรูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนที่ลงเรียนรายวิชาสมองกลฝังตัว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคปลาย ปีการศึกษา 2566 จำนวน 16 คน ระยะเวลา 6 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 12 คาบเรียน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนโดยใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา โดยภาพรวมมีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัย Keereerat (2019) ได้นำกระบวนการ

แก้ปัญหาและโปรแกรม App Inventor เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่า นักเรียนสามารถเขียนโปรแกรมได้สอดคล้องกับสภาพจริงในชีวิตประจำวัน โดยการใช้โทรศัพท์มือถือที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวันมาเป็นส่วนหนึ่งในการเรียนรู้และนักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณอย่างมีประสิทธิภาพ การทดลองใช้รูปแบบการสอนฯ ครั้งนี้ มีการนำรูปแบบการทำกิจกรรมการแก้ปัญหาสมองกลฝังตัวที่ต้องใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สมองกลฝังตัวเข้ามาแก้ปัญหาในกิจกรรม ระหว่างการทำกิจกรรม นักเรียนจะสามารถเรียนรู้การต่อวงจรได้เสมือนใช้อุปกรณ์จริง สามารถทำการทดลองซ้ำ ๆ ได้หลายครั้ง ไม่มีปัญหาการเสียหายของอุปกรณ์ และสามารถเห็นผลการทดลองต่อวงจรได้ผ่านเครื่องมือ Tinkercad กรณีผลการต่อวงจรเกิดการผิดพลาด เครื่องมือ Tinkercad จะแสดงผลลัพท์เหมือนการต่อวงจรจริง การนำเครื่องมือ Tinkercad มาใช้ในรูปแบบการสอนฯ ครั้งนี้ จึงทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติทำการทดลองในกิจกรรม ลงมือแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนด้วยเครื่องมือทางเทคโนโลยีได้ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีความแม่นยำมากขึ้นและมีกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ทำให้สามารถพัฒนาการการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 16 คน มีพัฒนาการอยู่ในระดับที่สูงขึ้นในระดับต้น อยู่ในระดับพัฒนาการปานกลาง จำนวน 2 คน อยู่ในระดับพัฒนาการระดับต้น จำนวน 9 คน การพัฒนาการของนักเรียนของระดับต้นและปานกลาง มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นมาจากการใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับระบบสมองกลฝังตัว Tinkercad ในการทดสอบการแก้ปัญหาในการทำกิจกรรม ของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนฯ ทำให้นักเรียนสามารถทำการทดลองได้ด้วยตนเอง หลายครั้ง ทำให้เข้าใจและมีความแม่นยำในการเลือกวงจรที่ได้ผลลัพท์ที่ดีที่สุดเพื่อนำไปแก้ปัญหาตามที่โจทย์กำหนดในแต่ละกิจกรรมมากขึ้น ส่วนกลุ่มนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการ จำนวน 5 คน เนื่องจากกลุ่มนักเรียนดังกล่าวใช้เวลาในการทำกิจกรรมการต่อวงจรแต่ละครั้งเป็นเวลานาน จึงทำให้นักเรียนกลุ่มนี้ได้วิธีการที่จะนำไปแก้ปัญหาตามที่โจทย์กำหนดในแต่ละกิจกรรมที่น้อยกว่า ทำให้ความแม่นยำในการแก้ปัญหาลดลง และได้วิธีแก้ปัญหาที่น้อยกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีพัฒนาการ ดังนั้นรูปแบบการสอนฯ สามารถพัฒนาการการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rungrangtanapol (2020) ได้มีการใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์ในการแก้ปัญหา มีการออกแบบกิจกรรมตามขั้นตอนการออกแบบตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Approach) ผลการทดลองใช้รูปแบบฯ พบว่า สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์ที่ต่างกัน ที่มีความเหมาะสมกับลักษณะของเนื้อหารายวิชาและกิจกรรมการเรียนรู้ นั้น ๆ สามารถนำมาปรับใช้กับรูปแบบการสอนฯ สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณให้แก่ นักเรียนได้เช่นกัน

ดังนั้นการประเมินผลการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน จากการใช้รูปแบบการสอนฯ ในครั้งนี้ จะมีการประเมินเป็นระยะจากการทำกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละครั้ง จะสอดคล้องกับการประเมินการคิดเชิงคำนวณหรือความคิดเชิงประมวลผลแต่ละองค์ประกอบนี้ใช้แบบวัดความสามารถด้านความคิดเชิงประมวลผล แบบประเมินตนเอง และการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างขั้นตอนการเรียนรู้ แล้วรวบรวมข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียน นำมาวิเคราะห์ผลทางการเรียนจากแต่ละองค์ประกอบ

ที่ได้ เพื่อหาแนวทางการพัฒนาความสามารถให้สูงขึ้น และกระบวนการสุดท้ายเป็นการประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อสามารถตรวจสอบว่าบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ได้ออกแบบแบบจำลองการประเมินออกมาแบ่งเป็น 2 แบบดังนี้ 1) การประเมินรายทาง หรือระหว่างทาง ซึ่งจะดำเนินการประเมินผู้เรียนในระหว่างกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ rubric การคิดเชิงคำนวณ 2) การประเมินผลสรุป ซึ่งจะดำเนินการโดยใช้แบบทดสอบการคิดคำนวณและการประเมินตนเอง ก่อนและหลังการใช้แบบจำลอง (Supaluk, 2018)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากับตัวอย่างที่เป็นกลุ่มที่มีความสนใจเฉพาะ จึงทำให้การทดลองและผลการวิจัยครั้งนี้ เป็นไปตามวัตถุประสงค์การวิจัยที่ ถ้ามีการนำรูปแบบการสอนฯ ไปใช้อาจจะต้องต้องปรับลักษณะของรูปแบบกิจกรรมและเพิ่มระยะเวลาในการเรียนรู้พื้นฐานของการต่อวงจรไฟฟ้า ก่อนใช้เครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว

1.2 ผู้สอนต้องเลือกเครื่องมือจำลองสถานการณ์ออนไลน์สำหรับการเรียนรู้สมองกลฝังตัว ที่มีคุณสมบัติที่มีความสอดคล้องกับลักษณะของกิจกรรมการแก้ไขปัญหาที่กำหนดขึ้น มีอุปกรณ์ต่าง ๆ ครบถ้วนตามที่กำหนดในกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือฯ ที่เลือกใช้จะต้องไม่มีความซับซ้อนมากเกินไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาตัวแปร การคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ผู้วิจัยพบว่า มีตัวแปรอื่นที่น่าสนใจอีก ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาตัวแปร ทักษะการประยุกต์และความยืดหยุ่น (Adaptability & Flexibility) ทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา (Critical Thinking & Problem Solving) เป็นต้น

2.2 จากผลการวิจัย ในระหว่างการดำเนินการทดลองวิจัย ผู้วิจัยพบว่านักเรียนสามารถเรียนรู้การต่อวงจรสำหรับระบบสมองกลฝังตัวได้ แต่ยังขาดความเป็นระเบียบ ขาดความรอบคอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการทำงานของสายงานทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และสาขางานด้านสมองกลฝังตัวและระบบอัตโนมัติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการศึกษาตัวแปร ทักษะด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานเพิ่มเติมด้วย

References

Abburri, R., Praveena, M. & Priyakanth, R. (2021). Tinkercad-a web based application for virtual labs to help learners think, create and make. *Journal of Engineering Education Transformations*. 34(0), 535.

- Areemitr, K. (2004). *kānsuksā tuāpræ thāngkān suksā radap bōnak rian ra dap hō'ong rian læ radap rōngrian tām mattrathan kānsuksā thī song phon tō phon samrit thāngkān rian khōng nakrian : dōi kān wikhro phahu radap* [The study of education variables on student , classroom and school levels in accordance to education standards that affected the students achievement: by multilevel analysis]. Master's thesis. Srinakharinwirot University.
- IPST. (2018). *khūmū kānchai laksut theknōyī (witthayākān khamnuān) klum sārā kānrianrū witthayāsāt (chabap prapprung Phō.Sō. sōngphanhārojhoksip) radap prathom suksā læ matthayommasuksā* [Manual for using the Technology (Computational Science) curriculum, Science subject group (Revised Edition 2017) Primary level and secondary school]. Retrieved from <https://www.scimath.org/e-books/8376/8376.pdf>
- Keereerat, C. (2019). *kānchai krabūānkān kae panhā læ prōkrēm App Inventor phatthanā thaksa kān khit choēng khamnuān (Computational Thinking: CT) samrap phū rian radap matthayommasuksā* [Using the Problem-Solving and App Inventor to Develop Computational Thinking Skill for High School Students]. *Journal of Education Studies Chulalongkorn University*. 47(2), 31–47. Retrieved from <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDUCU/article/view/195892>
- Khammanee, T. (2019). *saṭ kānsōṇ : khwāmru phūā kānchatkān rianrū thī mī prāsithiphāp* [Science of Teaching: Knowledge for Effective Learning Management]. (23 rd ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Office of the Education Council. (2021). *næothāng kān songsoēm kānchatkān rian kānsōṇ witthayākān khamnuān Coding phūā phatthanā thaksa phū rian nai satawat thī yīsip'et* [Guideline for promoting teaching and learning in computational science (Coding) to develop learners' skills in the 21st Century]. Bangkok: Office of the Education Council, Ministry of Education.
- Rajagopal, S., Hareesha, K. & Kundapur, P. (2017). Optimising Pair Programming in a Scholastic Framework: A Design Pattern Perspective. *Journal of Computer Science*. 13, 199-210. Retrieved from <https://thescipub.com/abstract/jcssp.2017.199.210>

- Rungrangtanapol, N. (2020). *rupbæp kanchatkañ rian kanson witthayakan khamnuan doi chai krabuankan khith choeng 'ok bæp nai saphapwætlom samuan phua soemsang samatthana choeng khamnuan læ kansang khu Na kharawa makan samrap nakrian matthayommasuksa ton plai thi mi radap khwam sa ma rot ta ngojan* [Computing science instructional model based on design thinking approach in virtual learning environment to enhance high school students' computational competencies and co-creation]. Master's thesis. Chulalongkorn University.
- Supaluk, S. (2018). *rabop kanrianru bon khala tam naekhit witsawakam phan klap læ theknik kanrianru bæp phuan chuai phuan phua songsoem khwamkhith choeng pramuān phon* [A cloud based learning system using reverse engineering approach and peer to peer technique to enhance computational thinking]. Doctoral dissertation. Chulalongkorn University.