

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับ
ระบบสมองกลฝังตัวที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณ
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

THE EFFECT OF LEARNING MANAGEMENT BASED ON ENGINEERING
DESIGN PROCESS (EDP) INTEGRATED WITH EMBEDDED SYSTEM ON
COMPUTATIONAL THINKING SKILLS OF GRADE 11st STUDENTS



¹เทียนชัย สังขพันธ์ และ ²จุไรศิริ ชูรักษ์

¹Thianchai Sangkhapan and ²Juraisiri Choorak

¹มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, ประเทศไทย

¹Songkhla Rajabhat University, Thailand

¹thianchai@thida.ac.th, ²juraisiri.choo@skru.ac.th

Received: January 29, 2023; **Revised:** March 25, 2024; **Accepted:** April 30, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว 2) เปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80 และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว โดยมีกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนนิทานุเคราะห์ สังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดสงขลา จำนวน 40 คน ได้มาโดยใช้วิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว โดยภาพรวมมีแนวโน้มสูงขึ้น 2) ทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการ

¹ นักศึกษา, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

จัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.41$)

คำสำคัญ : กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, ระบบสมองกลฝังตัว, ทักษะการคิดเชิงคำนวณ, นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Abstract

The purposes of this research were: 1) to study computational thinking skills during learning management based on engineering design process (EDP) integrated with embedded system, 2) to compare the computational thinking skills of students after learning management based on engineering design process (EDP) integrated with embedded system with the criterion of 80 percent, and 3) to study the satisfaction of students towards learning management based on the engineering design process (EDP) integrated with embedded systems. The samples used in this study were 40 grade 11st students in 2023 academic year, Thidanukroh School under the Office of Private Education Songkhla Province, Cluster random sampling was employed, using the classroom as the unit of analysis. The results of the research found that 1) computational thinking skills of students during learning management based on engineering design process (EDP) integrated with embedded system overall tend to increase. 2) Computational thinking skills of students after learning management based on engineering design process integrated with embedded systems was higher than the percent of 80, with statistically significant at the level .01. and 3) Student's satisfaction towards learning management based on engineering design processes integrated with embedded systems was at a high level ($\bar{X} = 4.41$).

Keywords : Engineering design process, Embedded system, Computational thinking, Grade 11st Student

บทนำ

การพัฒนาอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีในศตวรรษที่ 21 ส่งผลต่อชีวิตประจำวันของทุกคนในสังคม ทั้งในด้านการติดต่อสื่อสาร การทำงาน และการดำเนินชีวิต นวัตกรรมที่เกิดขึ้นใหม่มากมาย กลายเป็นเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน เมื่อเทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงไปการจัดการเรียนรู้ต้องเปลี่ยนแปลงตาม เพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะ กระบวนการ และความรู้ของนักเรียนที่จะนำไปสู่การดำเนินชีวิต การทำงาน การสร้างสรรค์ผลงานและนวัตกรรมในอนาคตที่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ครูผู้สอนคือผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาผสมผสานกับการจัดเรียนรู้ เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดความรู้ความตระหนักและเห็นคุณค่าความสำคัญของการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและพัฒนาสิ่งใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อสังคม สามารถนำความรู้และทักษะของตนเองไปใช้ได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อเตรียมความพร้อมในการเป็นพลเมืองของโลกในศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนรู้ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทั้งทักษะความรู้ (Hard Skill) และทักษะด้านอารมณ์ (Soft Skill) ซึ่งเป็นตัวกำหนดความพร้อมและความสำเร็จของนักเรียนทั้งในด้านการงานและการอยู่ร่วมกันในสังคม สิ่งแวดล้อมและวิทยาการในอนาคต กระทรวงศึกษาธิการโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้จัดทำมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยมีสาระการเรียนรู้ที่ 4 เทคโนโลยี เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process : EDP) มีลักษณะเช่นเดียวกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problems Learning) และยังมีลักษณะเช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม (STEM) และสเต็ม (STEAM) ซึ่งมีเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการสหวิชาและใช้ทักษะที่หลากหลาย เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา พัฒนาชิ้นงานหรือสร้างสรรค์นวัตกรรม บนพื้นฐานแนวคิดของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการปฏิบัติจริง (Learning by Doing) ประกอบด้วย การรู้ (Knowing) และการลงมือกระทำ (Doing) ความรู้และความสามารถในการใช้ความรู้ เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการเรียนรู้ นักเรียนต้องเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมกับความรู้ใหม่แล้วสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม ผ่านกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา สอดคล้องกับหลักพัฒนาการตามลำดับขั้นความรู้ความคิดของบลูม (Bloom's Taxonomy of Learning) ทั้ง 6 ขั้น คือ ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การประเมินค่าและการสร้างสรรค์ มาธิภัทรกุล และคณะ (Mathiphatikul, T. & et. al., 2019). ได้กล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์ จากการระบุปัญหา ศึกษาข้อมูลและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา สอดคล้องกับการวิจัยของ จักรกฤต ภูขงค์ประเวศ (2566) ที่พบว่า

จัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ทั้งในด้าน การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจร่วมกัน การเลือกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และการกำหนดและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking : CT) เป็นแนวคิดที่ก่อให้เกิดทักษะสำคัญในการเรียนรู้ การทำงาน การแก้ปัญหาและการใช้ชีวิตประจำวัน โดยอาศัยหลักการเรียนรู้จากการระบุปัญหา หาสาเหตุ ออกแบบวิธีการและหาแนวทางในการแก้ไข ด้วยแนวทางของกระบวนการประมวลผลข้อมูล (Information-Processing) มีองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการคือ การแยกย่อยปัญหา การพิจารณารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล (2563) ได้กล่าวว่าการคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อทุกๆ สาขาวิชา และทุกเรื่องในชีวิตประจำวันซึ่งไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการคิดให้เหมือนคอมพิวเตอร์แต่เป็นกระบวนการคิดแก้ปัญหาของมนุษย์ เช่นเดียวกับ โกรเวอร์และพี (Grover, S. & Pea, R., 2013) ที่ได้กล่าวไว้ว่าการคิดเชิงคำนวณยังเป็นการความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยการคิดแบบอัลกอริทึมหรือทักษะของมนุษย์ที่หลากหลายในการแก้ปัญหา เช่น ความคิดสร้างสรรค์การคิดเชิงวิพากษ์ และการทำงานเป็นทีม โลเปซปารา (Lopez-Parra, R. D., (2023) ยังกล่าวไว้ว่าการคิดเชิงคำนวณได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นทักษะที่มีส่วนสำคัญในการแก้ปัญหาในบริบทของการเรียนรู้และการทำงานแบบสหวิชา

ระบบสมองกลฝังตัวเป็นระบบประมวลผลอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะมีกระบวนการทำงานเหมือนระบบคอมพิวเตอร์ที่ฝังไว้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงาน โดยใช้ชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน สามารถติดตั้งหรือเชื่อมต่อเซนเซอร์ (Sensor) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพิ่มเติมเพื่อให้สอดคล้องกับการออกแบบและการนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ จึงเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณได้เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยเห็นว่า หากมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวจะส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณสูงขึ้น จากการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ มีทักษะในการค้นคว้าข้อมูลหรือสารสนเทศ สามารถวิเคราะห์ ประเมิน สังเคราะห์ และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เหมาะสม และเป็นการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการใช้งานระบบสมองกลฝังตัว อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 และเตรียมความพร้อมสำหรับการเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนสังคมและประเทศชาติต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนธิดานุเคราะห์ จำนวน 3 ห้องเรียน นักเรียนจำนวน 135 คน
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 40 คน ซึ่งใช้วิธีสุ่มแบบกลุ่ม(Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาเป็นไปตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงปี 2561) และแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อและทักษะการคิดเชิงคำนวณ หน่วยการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 3.1 แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว เรื่อง ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน จำนวน 4 แผน
- 3.2 แบบทดสอบทักษะการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 3 ฉบับ
- 3.3 แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 ฉบับ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอตามลำดับ โดยใช้สถิติการวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ใช้สถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One Sample t-test)

ผลการวิจัย

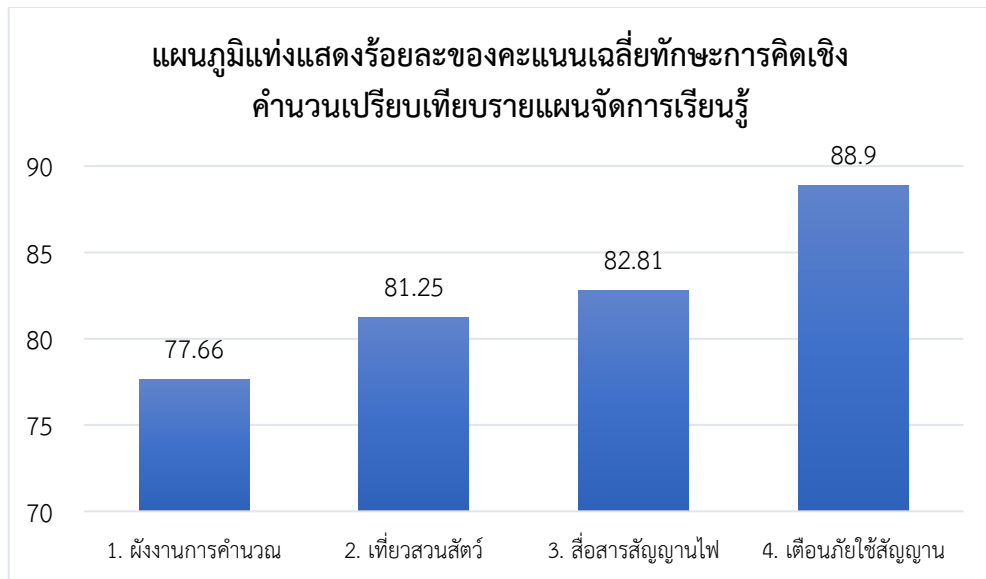
1. ผลการศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ดังตาราง 1 และ 2 ดังนี้

ตารางที่ 1 คะแนนเฉลี่ยและร้อยละของทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว (n = 40)

แผนจัดการเรียนรู้ สถานการณ์ที่	คะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิง คำนวณ				$\bar{X}$	SD	ร้อยละ	แปลผล
	การแยกย่อยปัญหา	การพิจารณารูปแบบ	การคิดเชิงนามธรรม	การออกแบบขั้นตอนวิธี				
1. ผังงานการคำนวณ	3.30	3.00	3.13	3.00	3.11	0.16	77.66	ดี
2. เทียบสวนสัตว์	3.38	3.30	3.13	3.20	3.25	0.33	81.25	ยอดเยี่ยม
3. สื่อสารสัญญาณไฟ	3.38	3.30	3.38	3.20	3.31	0.33	82.81	ยอดเยี่ยม
4. เตือนภัยใช้สัญญาณ	3.95	3.20	3.70	3.38	3.56	0.46	88.90	ยอดเยี่ยม
เฉลี่ยรวม	3.50	3.20	3.34	3.30	3.31	0.19	82.66	ยอดเยี่ยม

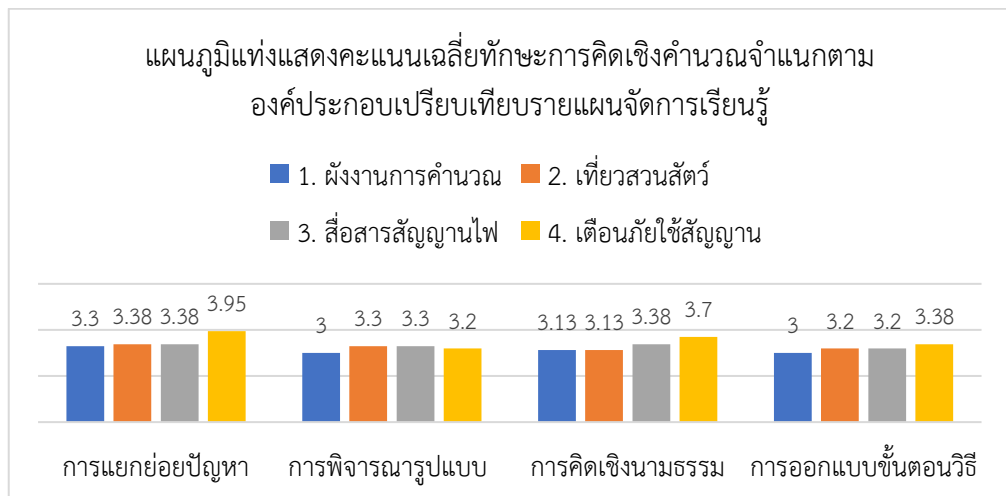
จากตาราง 1 พบว่าผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยภาพรวม อยู่ในระดับ ยอดเยี่ยม ($\bar{X} = 3.31$) คิดเป็นร้อยละ 82.66 เมื่อพิจารณารายสถานการณ์พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับ ยอดเยี่ยมจำนวน 3 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่ 4 เตือนภัยใช้สัญญาณ ($\bar{X} = 3.56$) คิดเป็นร้อยละ 88.90 สถานการณ์ที่ 3 สื่อสารสัญญาณไฟ ($\bar{X} = 3.31$) คิดเป็นร้อยละ 82.81 และสถานการณ์ที่ 2 เทียบสวนสัตว์ ($\bar{X} = 3.25$) คิดเป็นร้อยละ 81.25 ตามลำดับ นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับ ดี จำนวน 1 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1 ผังงานการคำนวณ ($\bar{X} = 3.11$) คิดเป็นร้อยละ 77.66

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมาสร้างเป็นแผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มทักษะการคิดเชิงคำนวณ พบว่านักเรียนมีระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สูงขึ้นตามลำดับ จากแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 ผังงานการคำนวณ ร้อยละ 77.66 แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 เทียบสวนสัตว์ ร้อยละ 81.25 แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 สื่อสารสัญญาณไฟ ร้อยละ 82.81 และแผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 เตือนภัยใช้สัญญาณ 88.90 แสดงดังภาพ 2 ดังนี้



ภาพ 2 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงคำนวณแต่ละองค์ประกอบมาสร้างแผนภูมิแท่งเพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มของแต่ละแผนจัดการเรียนรู้ พบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงคำนวณสูงขึ้นหรือเท่ากันตามลำดับการจัดการเรียนรู้ได้แก่ ทักษะการแยกย่อยปัญหา การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี ส่วนในองค์ประกอบของการพิจารณารูปแบบพบว่าระดับคะแนนเฉลี่ยแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3 และสูงขึ้นในแผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 และ 3 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 3.30 และต่ำลงในแผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 คะแนนเฉลี่ย 3.20 แสดงดังภาพ 3



ภาพ 2 แผนภูมิแท่งแสดงคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงคำนวณจำแนกตามองค์ประกอบ
เปรียบเทียบรายแผนจัดการเรียนรู้

2. การเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ดังตาราง 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ($n = 40$)

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	ร้อยละ	t
การแยกย่อยปัญหา	4	3.20	0.46	80.00	0.00
การพิจารณารูปแบบ	4	3.98	0.16	99.38	31.00**
การคิดเชิงนามธรรม	4	3.70	0.46	92.50	6.81**
การออกแบบขั้นตอนวิธี	4	2.95	0.22	73.75	-7.16
รวมเฉลี่ย	4	3.46	0.20	86.41	7.97**

** นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 2 พบว่าโดยภาพรวมผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X} = 3.46$) คิดเป็นร้อยละ 86.41

เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 จำนวน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การพิจารณารูปแบบ ($\bar{X} = 3.98$) คิดเป็นร้อยละ 99.38 การคิดเชิงนามธรรม ($\bar{X} = 3.70$) คิดเป็นร้อยละ 92.50 และการแยกย่อยปัญหา ($\bar{X} = 3.20$) คิดเป็นร้อยละ 80.00 ตามลำดับ และมีคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ได้แก่ การออกแบบขั้นตอนวิธี ($\bar{X} = 2.95$) คิดเป็นร้อยละ 73.75

3. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว แสดงดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ($n = 40$)

ที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
ด้านครูผู้สอน		4.37	0.15	มาก
1	ครูมีการแนะแนวทางและแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้	4.32	0.65	มาก
2	ครูมีความรู้ ความสามารถในการสอน	4.48	0.68	มาก
3	ครูมีบุคลิกภาพที่ดีในการสอน	4.29	0.69	มาก
4	ครูสามารถให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนประสบปัญหาในการเรียน	4.19	0.79	มาก
5	ครูจัดการเรียนรู้โดยสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรม	4.55	0.68	มากที่สุด

ตาราง 3 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
ด้านเนื้อหา		4.29	0.26	มาก
6	เนื้อหาที่น่าสนใจ	4.03	0.71	มาก
7	เนื้อหาที่มีความทันสมัย	4.61	0.62	มากที่สุด
8	เนื้อหาเหมาะสมกับระดับความรู้ ความสามารถของนักเรียน	4.13	0.72	มาก
9	เนื้อหา มีการบูรณาการศาสตร์ความรู้ที่หลากหลาย	4.39	0.72	มาก
ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน		4.41	0.17	มาก
10	นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	4.74	0.51	มากที่สุด
11	กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าเพื่อสร้างการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.48	0.63	มาก
12	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ	4.29	0.70	มาก
13	นักเรียนได้รับความรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัว	4.29	0.69	มาก
14	นักเรียนได้รับความรู้ด้านการเขียนโปรแกรม	4.48	0.68	มาก
15	นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในการออกแบบนวัตกรรม	4.26	0.73	มาก
16	นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ	4.32	0.83	มาก
ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน		4.45	0.09	มาก
17	เอกสารและสื่อประกอบในการเรียนรู้สอดคล้องกับการสอน	4.39	0.67	มาก
18	สื่อ เทคโนโลยีและกิจกรรมการเรียนการสอนมีความที่หลากหลาย	4.42	0.72	มาก
19	สื่อและอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองและฝึกปฏิบัติมีเพียงพอ	4.55	0.62	มากที่สุด
ด้านการวัดและประเมินผลการเรียน		4.55	0.20	มากที่สุด
20	วิธีการวัดประเมินผลสอดคล้องกับเนื้อหา	4.61	0.62	มากที่สุด
21	วิธีการวัดประเมินผลมีความหลากหลาย	4.26	0.69	มาก
22	เกณฑ์การประเมินผลมีความโปร่งใสและยุติธรรม	4.71	0.53	มากที่สุด
23	เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผล	4.61	0.62	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย		4.41	0.10	มาก

จากตาราง 3 พบว่าความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.41$) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านการวัดและประเมินผลการเรียน ($\bar{X} = 4.55$) และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก จำนวน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ($\bar{X} = 4.45$) ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ($\bar{X} = 4.41$) ด้านครูผู้สอน ($\bar{X} = 4.37$) และด้านเนื้อหา ($\bar{X} = 4.29$) ตามลำดับ

อภิปรายผล

1. ผลการศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว พบว่านักเรียนมีแนวโน้มพัฒนาการทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สูงขึ้น จากแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 2 3 และ 4 โดยคิดเป็นร้อยละ 77.66, 81.25, 82.81 และ 88.90 ตามลำดับ ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ช่วยให้นักเรียนร่วมกันศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่มีความท้าทายสอดคล้องกับชีวิตจริงและเป็นสิ่งใกล้ตัวของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงทักษะความรู้ด้านการเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการใช้งานระบบสมองกลฝังตัวสู่การใช้งานจริงได้อย่างเป็นรูปธรรมฝึกทักษะการเรียนรู้และแสวงหาความรู้ร่วมกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและช่วยเหลือซึ่งกันด้วยกระบวนการกลุ่ม จนได้มาซึ่งวิธีการและแนวทางในการแก้ปัญหาซึ่งสามารถนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมต่อไป สอดคล้องกับการวิจัยของ โลเปซ (Lopez-Parra, R. D., 2023) ที่ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมบูรณาการร่วมกับทักษะการคิดเชิงคำนวณเพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหาในแต่ละสถานการณ์ส่งผลให้นักเรียนมีแนวโน้มพัฒนาการที่สูงขึ้นตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 1 พบว่าค่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ในครั้งแรกโดยที่นักเรียนยังมีทักษะ การแยกย่อยปัญหา การพิจารณารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธีการ ไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ อีกทั้งเป็นการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ในคาบเรียนแรกและยังไม่คุ้นเคยกับวิธีการสอนและการวัดประเมินผลที่แตกต่างไปจากเดิม อย่างไรก็ตามเมื่อนักเรียนได้เรียนครบทั้ง 4 แผน ก็พบว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวช่วยให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติและการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ อีกทั้งกระบวนการกลุ่มยังส่งเสริมให้นักเรียนได้แบ่งปันความรู้และทักษะซึ่งกันและกันได้อย่างดี

2. การเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80 พบว่าโดยภาพรวมนักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณสูงกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X} = 3.46$) คิดเป็นร้อยละ 86.41 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวมีขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์แยกย่อยปัญหาและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาใหญ่กับปัญหาย่อยตามเหตุปัจจัยของแต่ละสถานการณ์ มีความสามารถในการพิจารณารูปแบบของปัญหาเพื่อออกแบบขั้นตอนวิธีการในการแก้ปัญหา สามารถเขียนภาพร่างหรือใช้สัญลักษณ์เพื่อแสดงกระบวนการทำงานและออกแบบผลงานได้โดยใช้ความสามารถในการคิดเชิงนามธรรมและสามารถนำเสนอแนวคิดวิธีการได้อย่างถูกต้องเหมาะสม อีก

ทั้งยังช่วยส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการใช้งานระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้กระบวนการกลุ่มในการจัดการเรียนรู้และร่วมกันแก้ปัญหา จนได้ผลลัพธ์เป็นแนวทางการสร้างสรรค์นวัตกรรม ดังที่ เบญจมาศ รอดวงษ์ (2565) ได้กล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีการนำประเด็นสถานการณ์ปัญหาจริงในชีวิตประจำวันที่ไม่ซับซ้อนสามารถส่งเสริมการทักษะการแก้ปัญหาและช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดในมุมมองของผู้ผลิตหรือนวัตกรรม และวินิตย์ พิษพันธ์ (2563) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยระบบสมองกลฝังตัวจะช่วยเพิ่มศักยภาพทางด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การคิดวิเคราะห์อย่างสร้างสรรค์ ความเป็นนวัตกรรม สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไพรวลัย คิวสุทรเนตร (2565) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมการใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการเขียนโค้ดดิ้ง (Coding) โดยใช้หุ่นยนต์ที่มีส่วนประกอบของระบบสมองกลฝังตัวเป็นสื่อการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับการวิจัยของสุมัยยะ สาแ (2566) ที่ได้ศึกษาและพัฒนาวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้หุ่นยนต์ที่มีส่วนประกอบของระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ พบว่านักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นานนิมและคณะ (Nannim et al., 2023) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้หุ่นยนต์บอร์ดสมองกลฝังตัวอาดูโน่ (Aduino) พบว่านักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ

เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ได้แก่ การพิจารณารูปแบบ และการคิดเชิงนามธรรม องค์ประกอบที่ไม่สูงกว่าเกณฑ์ ได้แก่ การแยกย่อยปัญหาและการออกแบบขั้นตอนวิธี ทั้งนี้เป็นเพราะรูปแบบของสถานการณ์ปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความแตกต่างและซับซ้อนตามเนื้อหาสถานการณ์ ส่งผลให้การแยกย่อยปัญหาต้องใช้ความรู้จากศาสตร์อื่นๆ หรือประสบการณ์ที่แตกต่างกันของนักเรียนมากใช้ในการวิเคราะห์ หากนักเรียนแยกย่อยปัญหาหรือพิจารณารายละเอียดจากข้อมูลที่ได้รับไม่ครบถ้วนก็จะส่งผลให้การออกแบบขั้นตอนวิธีมีความไม่สมบูรณ์ตามไปด้วย

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว พบว่าโดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.41$) ด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดคือด้านการวัดและประเมินผลการเรียน ($\bar{X} = 4.55$) เนื่องจากในการประเมินผลระหว่างเรียน (Formative) ครูจะแจ้งผลให้นักเรียนทราบเป็นระยะ ซึ่งนักเรียนมีโอกาสค้นคว้า ปรับแก้หรือขอคำปรึกษาระหว่างเรียนได้ ส่งผลให้นักเรียนรู้สึกมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนาตนเองร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน ในด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ($\bar{X} = 4.45$) ด้านกิจกรรมการสอน ($\bar{X} = 4.41$) ด้านครูผู้สอน ($\bar{X} = 4.37$) และด้านเนื้อหา ($\bar{X} = 4.29$) นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยในการจัดการเรียนรู้ครูได้จัดเตรียมสื่ออุปกรณ์ คอมพิวเตอร์ ระบบสัญญาณอินเทอร์เน็ตและศึกษาการใช้งานซอฟต์แวร์มาเป็นอย่างดีเพื่อให้คำแนะนำแก้ปัญหาให้กับนักเรียน จัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันมากที่สุดทั้งในด้านการคิด การทำงานและการช่วยเหลือกัน โดยจัดทำใบงานให้นักเรียนแต่ละคนสามารถทำงานร่วมกันได้ผ่านระบบ Google Document, Google Slide, Google

Class Room, Thinkercad และโปรแกรมอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการใช้งานในการออกแบบและทำใบงาน โดยครูคอยให้การช่วยเหลือเมื่อนักเรียนประสบปัญหาหรือต้องการคำแนะนำ ทั้งนี้ จากการที่ผู้วิจัยได้สังเกตการร่วมกิจกรรมของนักเรียนระหว่างการวิจัยภาคสนาม พบว่านักเรียนมีความความตั้งใจและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม จึงส่งผลให้ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริพร เครื่องทองและณัฐการณูจน์ (2563) และฤทัย ประทุมทอง (2563) ที่ได้ศึกษาระบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและระบบสมองกลฝังตัว ผลการวิจัยพบการนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา

การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณสามารถทำได้โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว โดยครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวันหรือเป็นประเด็นปัญหาที่มีความน่าสนใจและกำหนดเงื่อนไขให้นักเรียนใช้ความรู้และทักษะการเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์และบอร์ดสมองกลฝังเพื่อร่วมกันคิดวิเคราะห์โดยใช้ทักษะการคิดคำนวณทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่การแยกย่อยปัญหา การพิจารณารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี โดยครูจะต้องตั้งคำถามหรือกำหนดหัวข้อใบงานสถานการณ์ให้สอดคล้องกับแต่ละองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณในการทำใบงานหรือการแก้ปัญหาของนักเรียนจะดำเนินการโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 6 ขั้นตอนโดยเริ่มจาก 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา โดยในบางขั้นตอนอาจต้องทำซ้ำหรืออาจมีการดำเนินการแบบย้อนไปย้อนมาได้ตามสถานการณ์ ซึ่งหากจัดการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่มทำงาน (Committee Work Method) จะช่วยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและพัฒนาทักษะร่วมกัน และช่วยลดความกดดันจากเนื้อหาที่ยาก เวลาที่กระชั้นชิดและภาระงานจากใบงาน โดยมีครูคอยให้การช่วยเหลือเมื่อนักเรียนประสบปัญหาหรือต้องการคำแนะนำ

ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ระบบสมองกลฝังเป็นเครื่องมือได้นั้น นักเรียนต้องมีทักษะและความรู้ด้านการใช้งานมาเป็นอย่างดี จึงจะสามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละสถานการณ์ได้ อีกทั้งครูต้องมีความรู้และความเชี่ยวชาญด้านบอร์ดสมองกลฝังตัวและระบบคอมพิวเตอร์เป็นอย่างดี เนื่องจากหากเกิดปัญหาด้านการใช้งานระบบ ซอฟต์แวร์หรืออุปกรณ์ ครูจะต้องเป็นผู้ตรวจสอบแก้ไขหรือจัดการภายในคาบเรียนที่มีระยะเวลาจำกัด ควรมีการเตรียมแผนสำรองหรืออุปกรณ์ชิ้นส่วนที่จำเป็นสำรองไว้ ตลอดจนซอฟต์แวร์ที่สามารถใช้งานทดแทนกันได้เมื่อเกิดปัญหาในชั้นเรียน

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- จักรกฤต ฤกษ์ประเวศ. (2566). ผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. *ครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. 51(1), 1-12.
- ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล. (2563). แนวคิดเชิงคำนวณ. สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2566, จาก <https://www.scimath.org/lesson-technology/item/10560-2019-08-28-02-43-20>.
- เบญจมาศ รอดวงษ์, เอกรัตน์ ทานาค, สุธาร์ตน์ โชติกประคัลภ์ และเบญจพร สามักดี อัดัมส์ (2565). การบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องวงจรไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนระดับประถมศึกษา. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 6(3), 44-58.
- ปรานวดี อุ่นญาติ (2564). ผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เพียงขวัญ แก้วเรือง. (2564). การศึกษาการคิดเชิงคำนวณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เรื่องการใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม: การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ไพรวลัย คิวสุทรเนตร. (2565). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ที่ส่งเสริมการใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการเขียนโค้ดดิ้ง (Coding) โดยใช้หุ่นยนต์เป็นสื่อเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักการศึกษา.
- ฤทัย ประทุมทอง. (2563). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน รายวิชาระบบสมองกลฝังตัวสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*. 17(2), 1-11.
- ศิริพร เครือทอง และ ญัฐกาญจน์ ลิขุสาม. (2563). การศึกษาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *ศาสตร์การศึกษาและการพัฒนามนุษย์*. 4(1), 78-91.

- สมัยยะ สาแ. (2566). การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับวิทยาการ
หุ่นยนต์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ยะลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
- Grover, S. & Pea, R. (2013). *Computational thinking in K-12: A review of the state of
the field. Educational Researcher. American Psychological Association*,
42(1), 38-43.
- Lopez-Parra, R. D. (2023). *Promoting Computational Thinking in Integrated
Engineering Design and Physics Labs*. Conference & Exposition Baltimore
Convention Center. New Mexico.
- Mathiphatikul, T., Bongkotphet, T & Danguodom, K. (2019). *Learning management
through engineering design process based on STEM education for
developing creative thinking in equilibrium topic for 10th grade students*.
Phitsanulok. Naresuan University.
- Nannim, F. A., Ibezim, N. E. & Oguguo, B. C.E. (2023). *Effect of project-based Arduino
robot application on trainee teachers computational thinking in robotics
programming course*. Retrieved February, 18 ,2023. from
[https://www.researchgate.net/publication/376411949_Effect_of_project-based_Arduino_robot_appli
cation_on_trainee_teachers_computational_thinking_in_robotics_programm
ing_course](https://www.researchgate.net/publication/376411949_Effect_of_project-based_Arduino_robot_application_on_trainee_teachers_computational_thinking_in_robotics_programming_course)