



ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณ
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



เทียนชัย สังข์พันธ์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

พ.ศ. 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา



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

THIANCHAI SANGKHAPAN

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF EDUCATION PROGRAM
IN CURRICULUM AND INSTRUCTION
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

2023

COPYRIGHT OF SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

ชื่อค้นคว้าอิสระ	ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ชื่อค้นคว้าอิสระ	THE EFFECT OF LEARNING MANAGEMENT BASED ON ENGINEERING DESIGN PROCESS (EDP) INTEGRATED WITH EMBEDDED SYSTEM ON COMPUTATIONAL THINKING SKILLS OF GRADE 11 st STUDENTS
ผู้วิจัย	นายเทียนชัย สังข์พันธ์

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....อาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระและ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุไรศิริ ชูรักษา) ประธานกรรมการบริหารหลักสูตร

.....กรรมการและเลขานุการหลักสูตร
(อาจารย์ ดร.มนตรี เต๋นดวง)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพเก้า ณ พัทลุง)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองการค้นคว้าอิสระแล้ว

.....รองอธิการบดี ปฏิบัติราชการแทน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายนเรศ อาคาสวรรณ) อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อการค้นคว้าอิสระ ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณ
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัย นายเทียนชัย สังข์พันธ์ ปีการศึกษา 2566

ปริญญา ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุไรศิริ ชูรักษ์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว 2) เปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80 และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนธิดานุเคราะห์ สังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดสงขลา จำนวน 40 คน ได้มาโดยใช้วิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวโดยภาพรวมมีแนวโน้มสูงขึ้น 2) ทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.41$)

คำสำคัญ: กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, ระบบสมองกลฝังตัว, ทักษะการคิดเชิงคำนวณ,
นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Independent Study Title The Effect of Learning Management Based on Engineering Design Process (EDP) Integrated with Embedded System on Computational Thinking Skills of Grade 11st Students

Researcher Mr. Thianchai Sangkhapan **Academic Year:** 2023

Degree Master of Education Program in Curriculum and Instruction

Advisor Assistant Professor Dr. Jura Siri Choorak

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 percentage 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 systems, Computational thinking, Grade 11st Student

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระเล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีด้วยความกรุณา ช่วยเหลือแนะนำให้คำปรึกษาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุไรศิริ ชูรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระและประธานหลักสูตรสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน อาจารย์ ดร.มนตรี เด่นดวง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพเก้า ณ พัทลุง กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ และคณะกรรมการทุกท่านซึ่งได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ แนวคิด วิธีการ คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ ที่มีคุณค่ายิ่งให้แก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ศึกษาจนดำเนินการวิจัยสำเร็จขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพเก้า ณ พัทลุง คุณณัฐนนท์ น่วมทะวงษ์ และคุณอภิญา ไสทอง ในฐานะผู้เชี่ยวชาญที่กรุณาเสียสละเวลาตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะ ทำให้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณโรงเรียนธิดานุเคราะห์ จังหวัดสงขลา ชิสเตอร์เนาวรัตน์ ธีระพัชรรังสี อธิการิณี ชิสเตอร์ศรีสุตา สุทธิรัตนากร ผู้อำนวยการ คณะผู้บริหาร คณะครูทุกคนตลอดจนบุคลากรทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกอย่างดียิ่งในการทดลองใช้เครื่องมือและการจัดการเรียนรู้และให้ความช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี ขอขอบพระคุณคุณครูสุตารัตน์ ชูทิพย์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาในการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณคุณครูอนุภา แซ่หลี ที่ได้สละเวลาในการตรวจพิสูจน์อักษรในการจัดพิมพ์การวิจัย ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ที่คอยเป็นกำลังใจให้การสนับสนุนและดูแลช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

คุณค่าทั้งหลายที่ได้รับจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูทเวที แต่บิดา มารดา บุรพจารย์ ที่ให้ความรัก ความห่วงใย ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

เทียนชัย สังข์พันธ์

มีนาคม 2567

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญภาพ	(9)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	5
สมมติฐานการวิจัย	6
ขอบเขตการวิจัย	6
กรอบแนวคิดการวิจัย	7
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)	12
หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนธิดานุเคราะห์ รายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี	
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ. 2563	16
การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	19
ระบบสมองกลฝังตัว	37
การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับ	
ระบบสมองกลฝังตัว	40
ทักษะการคิดเชิงคำนวณ	41
ความพึงพอใจ	63
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	67

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	74
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	74
แบบแผนการวิจัย	74
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	75
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ	75
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	81
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	82
 บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	 83
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างเรียนโดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว	83
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่เรียนรู้ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับระบบสมองกลฝังตัว กับเกณฑ์ร้อยละ 80	86
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้เรียนรู้โดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว	87
 บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	 91
สรุปผล	91
อภิปรายผล	92
ข้อเสนอแนะ	95
 บรรณานุกรม	97
ภาคผนวก	107
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ	108
ภาคผนวก ข หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ	110
ภาคผนวก ค แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ	117
ภาคผนวก ง แบบทดสอบทักษะการคิดเชิงคำนวณ	149

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก จ แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้	156
ภาคผนวก ฉ ผลการหาคุณภาพเครื่องมือ	159
ประวัติผู้วิจัย	164



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	
ตามมาตรฐาน ว 4.1.....	14
2 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	
ตามมาตรฐาน ว 4.2.....	15
3 โครงสร้างรายวิชา.....	17
4 รายละเอียดของลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	36
5 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบเลขฐานสอง.....	49
6 การกำหนดประเด็นที่ใช้ในการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของแต่ละองค์ประกอบ.....	50
7 ตารางกำหนดประเด็นที่ใช้ในการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของแบบทดสอบแต่ละ	
สถานการณ์ปัญหา.....	51
8 การสร้างสถานการณ์ปัญหาเพื่อวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ.....	52
9 ตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ตามจุดมุ่งหมาย	
การคิดเชิงคำนวณของแต่ละองค์ประกอบ.....	53
10 เกณฑ์การให้คะแนน.....	62
11 เกณฑ์การวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยภาพรวม.....	63
12 แบบแผนการวิจัยแบบการทดลองกลุ่มเดียวและวัดผลเฉพาะหลังการทดลอง	
(One Group Posttest – Only Design).....	75
13 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะความรู้เรื่องระบบสมองกลฝังตัว	
กับทักษะการคิดเชิงคำนวณ.....	76
14 การวิเคราะห์แผนจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับ	
ระบบสมองกลฝังตัว.....	77
15 การกำหนดประเด็นที่ใช้ในการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ.....	79
16 คะแนนเฉลี่ยและร้อยละของทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างจัดการเรียนรู้โดยใช้	
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว (n = 40).....	84
17 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้	
โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์	
ร้อยละ 80 (n = 40).....	87

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
18 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ (n = 40).....	88
19 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	159
20 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม พฤติกรรม และเกณฑ์การประเมินในการวัด (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน.....	161
21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว.....	162

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	7
2 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของศูนย์การเรียนการสอน สะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ.....	22
3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของกระทรวงศึกษาธิการ ประเทศไทย.....	23
4 กระบวนการเทคโนโลยี (Technology Process) ของหน่วยงานการศึกษา และการฝึกอบรม ของรัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย.....	23
5 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ VEX Robotics.....	26
6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process).....	27
7 รูปแบบการสอน 6E Learning.....	31
8 โมเดล SLED: The Science Learning through Engineering Design.....	32
9 ส่วนประกอบของบอร์ดสมองกลฝังตัว Arduino.....	39
10 ตัวอย่างแบบทดสอบ Bebras tasks แสดงแผนผังของแม่น้ำและทะเลสาบ.....	46
11 ตัวอย่างคำถามจากแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของ Brackmann.....	47
12 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ.....	48
13 แสดงเส้นทางในสนามทดสอบหุ่นยนต์.....	61
14 แผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างเรียน เปรียบเทียบรายแผนจัดการเรียนรู้.....	85
15 แผนภูมิแท่งแสดงคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงคำนวณจำแนกตามองค์ประกอบ เปรียบเทียบรายแผนจัดการเรียนรู้.....	86
16 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียน.....	90

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีในศตวรรษที่ 21 ส่งผลต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกคน ทั้งในด้านการติดต่อสื่อสาร การทำงาน และการดำเนินชีวิต เช่น เทคโนโลยีทางการแพทย์ที่การดูแลสุขภาพผู้ป่วยเปลี่ยนแปลงไป มีการประดิษฐ์คิดค้นหุ่นยนต์ช่วยงานในการรักษา มีการทดลองการผ่าตัดทางไกลผ่านระบบสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สาย การตรวจวินิจฉัยโรคด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI : Artificial Intelligence) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) นวัตกรรมที่เกิดขึ้นใหม่มากมายกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน เช่น การทำงานของรถยนต์ไร้คนขับ การนำเสนอบทเพลงหรือภาพยนตร์ตามความชอบและความสนใจของแต่ละบุคคล การวางแผนเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การปรับแต่งประสบการณ์สำหรับผู้ใช้งานเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันให้สอดคล้องกับการใช้งานและความต้องการของแต่ละบุคคลตลอดจนความต้องการของแต่ละองค์กรและทุกภาคส่วนในสังคม

เมื่อเทคโนโลยีและยุคสมัยเปลี่ยนแปลงไปการจัดการเรียนรู้ต้องเปลี่ยนแปลงตาม ครูคือผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนก้าวทันการเปลี่ยนแปลงของยุคสมัย เพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะ กระบวนการ และความรู้ของนักเรียนที่จะนำไปสู่การดำเนินชีวิต การทำงาน การสร้างสรรค์ผลงานและนวัตกรรมในอนาคต เพื่อให้นักเรียนเกิดความตระหนักและเห็นคุณค่าความสำคัญของการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและพัฒนาสิ่งใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อสังคม มีความรู้ความเข้าใจและสามารถนำทักษะของตนเองไปใช้ได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อเตรียมความพร้อมในการเป็นพลเมืองของโลกในศตวรรษที่ 21 นักเรียนต้องมีทั้งทักษะความรู้ (Hard Skill) และทักษะด้านอารมณ์ (Soft Skill) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดความพร้อมและความสำเร็จของนักเรียนทั้งในด้านการงานและการอยู่ร่วมกันในสังคม สิ่งแวดล้อมและวิทยาการอย่างยั่งยืน

กระทรวงศึกษาธิการโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้จัดทำมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยมีสาระการเรียนรู้ที่ 4 เทคโนโลยี ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ 2 มาตรฐานคือ มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม และมาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้

แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

การจัดการเรียนรู้ต้องได้รับการปรับเปลี่ยนพัฒนาเพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงตามยุคสมัย นักเรียนจะต้องได้รับการส่งเสริมพัฒนาความรู้ความสามารถเพื่อให้เกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 หรือที่รู้จักกันในนาม 3R8C โดย 3R คือทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อผู้เรียนทุกคนได้แก่ ทักษะการอ่าน (Reading) ทักษะการเขียน (Writing) และทักษะด้านเลขคณิต (Arithmetic) ทั้งสามทักษะนี้เป็นสิ่งจำเป็นต่อการเรียนรู้หรือทักษะความรู้ (Hard Skill) นอกจากนี้ยังมีทักษะที่จำเป็นต่อการทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสมหรือเป็นทักษะด้านอารมณ์ (Soft Skill) ประกอบด้วย 8C ได้แก่ ทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณและสามารถแก้ไขปัญหาได้ (Critical thinking and problem solving) ทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์และคิดเชิงนวัตกรรม (Creativity and innovation) ทักษะความเข้าใจในความแตกต่างของวัฒนธรรมและกระบวนการคิดข้ามวัฒนธรรม (Cross-cultural understanding) ทักษะการร่วมมือกับผู้อื่นหรือทำงานเป็นทีม และภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี (Collaboration teamwork and leadership) ทักษะในการสื่อสาร การใช้งานข้อมูล สารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (Communication information and media literacy) ทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และรู้เท่าทันเทคโนโลยี (Computing and IT literacy) ทักษะอาชีพและการเรียนรู้ (Career and learning skills) และมีเมตตา กรุณา มีคุณธรรม และมีระเบียบวินัย (Compassion) ทักษะข้างต้นที่กล่าวมานั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับทุกคนในศตวรรษที่ 21

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking : CT) เป็นแนวคิดที่ก่อให้เกิดทักษะสำคัญในการเรียนรู้ การทำงาน และการใช้ชีวิต โดยอาศัยหลักการเรียนรู้จากการระบุปัญหา หาสาเหตุ ออกแบบวิธีแก้และหาแนวทางในการป้องกัน ด้วยแนวทางของกระบวนการประมวลผลข้อมูล (Information-Processing) มีองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ ได้แก่ การแยกย่อยปัญหา การพิจารณา รูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี การคิดเชิงคำนวณสามารถพัฒนาได้ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายและสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกศาสตร์วิชา ทั้งนี้การคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะพื้นฐานสำหรับทุกคนไม่ใช่แค่แก่นักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ เพราะทักษะการอ่าน การเขียนและเลขคณิตอาจไม่เพียงพอ ควรเพิ่มการคิดเชิงคำนวณที่บอกได้ถึงความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนทุกคน (สุภมาส แสนโคก, 2565) สอดคล้องกับ ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล (2563) ที่ได้กล่าวไว้ว่าการคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อทุกๆ สาขาวิชา และทุกเรื่องในชีวิตประจำวันซึ่งไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการคิดให้เหมือนคอมพิวเตอร์แต่เป็นกระบวนการคิดแก้ปัญหาของมนุษย์ เพื่อสั่งงานให้ระบบคอมพิวเตอร์ทำงานและช่วยแก้ปัญหาตามที่เรากำลังต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Grover and Pea (2013: 38-43) ได้กล่าวไว้อีกว่าการคิดเชิงคำนวณยังเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาด้วย

การคิดแบบอัลกอริทึมหรือทักษะของมนุษย์ที่หลากหลายในการแก้ปัญหา เช่น ความคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ และการทำงานเป็นทีม Lopez-Parra (2023) ยังกล่าวอีกว่าการคิดเชิงคำนวณได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับวิศวกรที่มีส่วนสำคัญในการแก้ปัญหาในบริบทของการเรียนรู้และการทำงานแบบสหวิทยาเช่นเดียวกับการเรียนรู้แบบสหเต็มศึกษา (STEM)

รายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี เป็นรายวิชาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) โดยมีเป้าหมายหลักสูตรเพื่อเข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ตามมาตรฐานและตัวชี้วัด

จากการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนธิดานุเคราะห์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับร้อยละ 72.86 ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่โรงเรียนกำหนดไว้ที่ร้อยละ 80 (โรงเรียนธิดานุเคราะห์, 2565) ผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี เป็นผลสัมฤทธิ์ที่สะท้อนตัวชี้วัด ว 4.1 และ ว 4.2 ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่เน้นให้นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณและสามารถใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการแก้ปัญหา และเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ทางโรงเรียนมีนโยบายในการมุ่งเน้นพัฒนาทักษะความรู้ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมให้กับนักเรียนเพื่อสร้างความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีสู่ความเป็นมาตรฐานระดับสากล ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ แสวงหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงสามารถใช้งานระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication Technology : ICT) ในการประดิษฐ์คิดค้นวิธีการและสร้างสรรค์นวัตกรรม ส่งเสริมคุณลักษณะความเป็นนวัตกรรมให้กับนักเรียน มีสื่ออุปกรณ์ระบบคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์ที่ทันสมัยเพื่ออำนวยความสะดวกการเรียนรู้และการพัฒนาทักษะให้กับนักเรียน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนให้สูงขึ้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process : EDP) มีลักษณะเช่นเดียวกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problems Learning) และยังมีลักษณะเช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม (STEM) และสเต็ม (STEAM) ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการสหวิทยาและใช้ทักษะที่หลากหลายเพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 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 Mathiphatikul (2019) ได้กล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์ จากการระบุปัญหา ศึกษาข้อมูลและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา สอดคล้องกับการวิจัยของ จักรกฤต ภูงศ์ประเวช (2566: 1-13) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ทั้งในด้าน การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจร่วมกัน การเลือกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และการกำหนดและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ระบบสมองกลฝังตัวเป็นระบบประมวลผลที่ประกอบด้วยชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะมีกระบวนการทำงานเหมือนระบบคอมพิวเตอร์ที่ฝังไว้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงาน โดยใช้ชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงานของหน่วยรับข้อมูล (Input) หน่วยประมวลผล (Process) และหน่วยแสดงผล (Output) สามารถติดตั้งหรือเชื่อมต่อเซนเซอร์ (Sensor) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพิ่มเติมเพื่อให้สอดคล้องกับการออกแบบและการนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ จึงเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังมีนโยบายจากหลายหน่วยงานที่พัฒนาและนำระบบสมองกลฝังตัวเข้าสู่สถานศึกษาเพื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว เช่น มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ร่วมกับสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ร่วมมือกับมหาวิทยาลัย 13 แห่งทั่วประเทศ ประยุกต์ใช้ไอซีที่เป็นเครื่องมือยกระดับคุณภาพการศึกษาและพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 แก่เยาวชนเพื่อขยายโอกาสในการพัฒนาทักษะนวัตกรรมด้านไอซี ดำเนินการขยายผลการประยุกต์ใช้ไอซีที่ส่งเสริมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2561) วินิตย์ พิษพันธ์ (2563) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยระบบสมองกลฝังตัวจะช่วยเพิ่มศักยภาพทางด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การคิดวิเคราะห์อย่างสร้างสรรค์ ความเป็นนวัตกรรม ตลอดจนส่งเสริมการใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการยกระดับความสามารถของทรัพยากรมนุษย์ของประเทศสู่ความเป็นเลิศในระดับภูมิภาคและระดับสากลได้อย่างยั่งยืน และมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อใช้เป็นสื่อและเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาทิ เช่น งานวิจัยของ ไพรวลัย คิวสุทรเนตร (2565) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)

ที่ส่งเสริมการใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการเขียนโค้ดดิ้ง (Coding) โดยใช้หุ่นยนต์ที่มีส่วนประกอบของระบบสมองกลฝังตัวเป็นสื่อการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สุมัยยะ สาแ (2566) ได้ศึกษาและพัฒนาวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับวิทยาการหุ่นยนต์ที่มีส่วนประกอบของระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาวิทยาการคำนวณ พบว่านักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.49$) นอกจากนี้ในระดับอุดมศึกษา ฤทัย ประทุมทอง (2563) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในรายวิชาระบบสมองกลฝังตัว พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ผู้วิจัยเห็นว่า หากมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวจะส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณสูงขึ้นและส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นตามไปด้วย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณในการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ มีทักษะในการค้นคว้าข้อมูลหรือสารสนเทศ สามารถวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินผล และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เหมาะสม เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างสร้างสรรค์ โดยจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อให้นักเรียนมีทักษะการแยกย่อยปัญหา การพิจารณารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธีผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และใช้งานเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงในระบบสมองกลฝังตัวภายใต้สถานการณ์ปัญหาที่กำหนดหรือนักเรียนมีความสนใจ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 และเตรียมความพร้อมสำหรับการเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนสังคมและประเทศชาติต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

สมมติฐานการวิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีสมมติฐานการวิจัย คือ

1. ทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80
2. ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว อยู่ในระดับมากขึ้นไป

ขอบเขตการวิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้กำหนดขอบเขตการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนธิดานุเคราะห์ จำนวน 3 ห้องเรียน นักเรียนจำนวน 135 คน
2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 40 คน ใช้วิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

ตัวแปรตาม

1. ทักษะการคิดเชิงคำนวณ
2. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

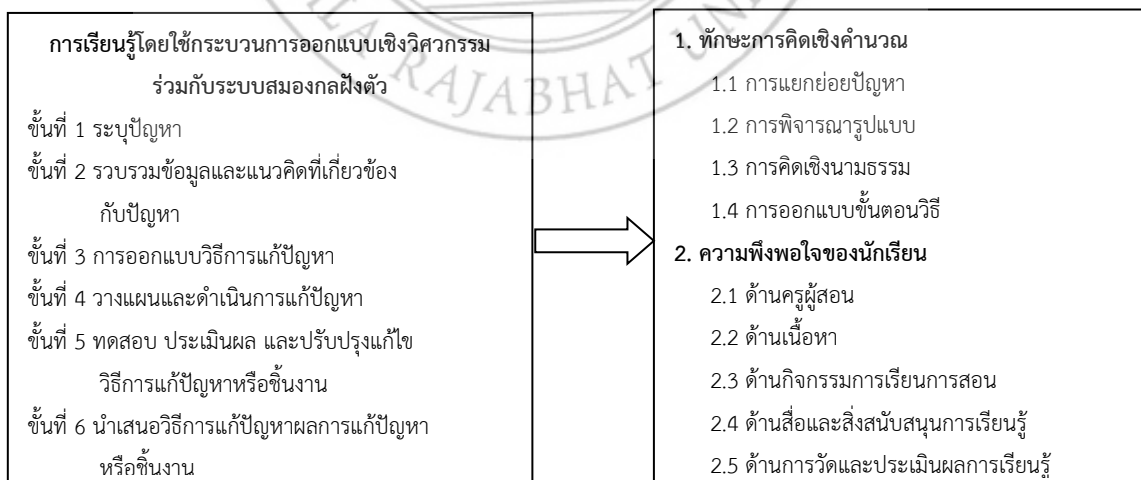
ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาเป็นไปตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงปี พ.ศ. 2560) และแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณ หน่วยการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน

ระยะเวลาในการวิจัย

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รวม 8 ชั่วโมง

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) หมายถึง ขั้นตอนในการดำเนินการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาชิ้นงาน ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนอาจมีการทำซ้ำหลายครั้งหรือดำเนินการแบบย้อนไปย้อนมาได้

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) หมายถึง ระบบประมวลผลที่ประกอบด้วยชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะมีกระบวนการทำงานเหมือนระบบคอมพิวเตอร์ที่ฝังไว้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้ชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ ในการควบคุมการทำงานของหน่วยรับข้อมูล (Input Unit) หน่วยประมวลผล (Process Unit) และหน่วยแสดงผล (Output Unit) สามารถติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดหรือเซนเซอร์ (Sensor) และเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้สอดคล้องกับการออกแบบและการนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์

การจัดเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว (Learning Management Based on Engineering Design Process (EDP) Integrated with Embedded System) หมายถึง การจัดการเรียนรู้เพื่อฝึกทักษะการออกแบบขั้นตอนการทำงาน การเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การใช้งานเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงร่วมกับระบบประมวลผลที่ประกอบด้วยชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ เพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนสำรวจและศึกษาสภาพปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหา ทำความเข้าใจปัญหา โดยใช้การแยกย่อยปัญหา (Decomposition) และพิจารณารูปแบบ (Pattern Recognition) วิเคราะห์ความสำคัญ สาเหตุปัญหา เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา เสนอแนวทางวิธีการแก้ไขปัญหโดยใช้ทักษะความรู้เรื่องระบบสมองกลฝังตัว

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ด้วยวิธีการ สังเกต สอบถาม สัมภาษณ์ สืบค้น ทดลอง หรือสำรวจจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับอุปกรณ์และเซนเซอร์ที่สามารถนำมาใช้งานร่วมกับระบบ

สมองกลฝังตัว สรุปลงเป็นสารสนเทศเพื่อออกแบบกระบวนการโดยใช้การพิจารณาแบบ (Pattern Recognition) และการคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)

ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการและแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนประยุกต์ใช้ข้อมูลและสารสนเทศเพื่อออกแบบกระบวนการด้วยการคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) โดยใช้แผนภาพ ผังงาน (Flow Chart) ผังกราฟิก การวาดภาพร่าง การสร้างแบบจำลอง หรือใช้สัญลักษณ์แทนข้อมูล เพื่อออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design)

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) ในการสร้างชิ้นงานหรือแก้ปัญหา จากนั้นเพื่อนำผลลัพธ์จากการวางแผนไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ปัญหา วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนตรวจสอบและทดสอบการทำงานของกระบวนการ จากการออกแบบขั้นตอน การเขียนผังงาน (Flow Chart) การเชื่อมต่อดวงจรรีเลย์ทรอนิกส์หรือการทำงานของโปรแกรมและชุดคำสั่ง เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดด้วยการแยกย่อยปัญหา (Decomposition) และการพิจารณาแบบ (Pattern Recognition) เพื่อพัฒนาแก้ไขปรับปรุงประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนจัดทำสื่อและนำเสนอแนวคิดและการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับระบบสมองกลฝังตัว ในการออกแบบสื่อและวิธีการนำเสนอผ่านสื่อสารสนเทศและการสาธิตการทำงานด้วยวิธีที่น่าสนใจและเข้าใจง่าย โดยใช้การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เพื่อเชื่อมโยงความรู้และสร้างความเข้าใจให้ผู้ฟัง

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหา พิจารณาแบบ ออกแบบขั้นตอนวิธี และการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมายและอธิบายข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาชิ้นงานประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1) การแยกย่อยปัญหา (Decomposition) คือ ความสามารถในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและผลกระทบของปัญหา สามารถระบุปัญหาใหญ่และปัญหาย่อยจากการศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุหรือความต้องการในการดำเนินการออกเป็นส่วนย่อยเพื่อจัดการกับปัญหาหรือหาแนวทางในการพัฒนาทำงาน เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดของระบบ

2) การพิจารณาแบบ (Pattern Recognition) คือ ความสามารถในการพิจารณาแนวโน้มของผลลัพธ์จากข้อมูล และพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ใน

ปัญหาเดียวกัน หรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา สามารถระบุการทำงานแบบวนซ้ำของชุดคำสั่งในการเขียนโปรแกรม

3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) คือ ความสามารถในการแยกแยะรายละเอียดที่สำคัญและจำเป็นต่อการแก้ปัญหาออกจากรายละเอียดที่ไม่จำเป็น หรือการใช้สัญลักษณ์รูปภาพ แผนภาพ การเขียนผังงาน (Flow Chart) หรืออินโฟกราฟิกส์ (Infographics) เพื่อแสดงความหมายหรืออธิบายข้อมูล

4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) คือ ความสามารถในการออกแบบวิธีการเพื่อพัฒนาระบบงานที่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ สามารถระบุขั้นตอนการทำงานของระบบ เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

ในการวิจัยครั้งนี้ วัดและประเมินผลทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบวัดทักษะปฏิบัติกำหนดการให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Scoring) แบบ 4 ระดับ

ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว โดยศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน 5 ด้าน ได้แก่ ด้านครูผู้สอน ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ สามารถวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแบบมาตราส่วนประมาณค่าแบบ 5 ระดับของลิเคิร์ท (Likert) จำนวน 23 ข้อ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ การทำงานเป็นทีม และการคิดสร้างสรรค์ ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยีสูงขึ้น

2. นักเรียนได้รับความรู้เรื่องการวิเคราะห์และแก้ปัญหา การเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การใช้งานเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวผ่านการลงมือปฏิบัติ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

3. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

4. เป็นแนวทางสำหรับนักวิชาการและผู้ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาวิจัยและพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาคำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย โดยมีหัวข้อ ดังนี้

1. หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)
 - 1.1 หลักการ
 - 1.2 เป้าหมายหลักสูตร
 - 1.3 มาตรฐาน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนธิดานุเคราะห์ รายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ. 2563
 - 2.1 คำอธิบายรายวิชา
 - 2.2 โครงสร้างรายวิชา
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
 - 3.1 นิยามความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
 - 3.2 แนวคิดทฤษฎีที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
 - 3.3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
 - 3.4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
4. ระบบสมองกลฝังตัว
 - 4.1 นิยามความหมายของระบบสมองกลฝังตัว
 - 4.2 บอร์ดสมองกลฝังตัว Arduino
5. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว
6. ทักษะการคิดเชิงคำนวณ
 - 6.1 นิยามความหมายของทักษะการคิดเชิงคำนวณ
 - 6.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ
 - 6.3 การวัดและประเมินผลทักษะการคิดเชิงคำนวณ

7. ความพึงพอใจ

7.1 นิยามความหมายของความพึงพอใจ

7.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

7.3 การวัดความพึงพอใจ

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยในประเทศ

8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)

ในการนำหลักสูตรมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการจากบทนำในคู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1. หลักการ

ในปี พ.ศ. 2551 กระทรวงศึกษาธิการประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานซึ่งกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี ตัวชี้วัดช่วงชั้น และสาระการเรียนรู้แกนกลางให้สถานศึกษาและท้องถิ่น นำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดทำหลักสูตร โดยสาระเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นสาระที่ 3 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีการจัดทำตัวชี้วัดชั้นปีและตัวชี้วัดช่วงชั้นสำหรับสาระนี้ได้นำมาตราฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นเดิมจากหลักสูตรปี พ.ศ. 2544 มาพิจารณาและจัดแบ่งเนื้อหาแต่ละชั้นปี ตามความยากง่ายและศักยภาพของเด็กในแต่ละช่วงวัย เน้นให้ผู้เรียนนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถค้นหาข้อมูลและสร้างชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมีจริยธรรม และมีความรู้พื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมเพื่อการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเริ่มเข้ามามีบทบาทกับการทำงานและการดำเนินชีวิตประจำวันมากขึ้น

ปัจจุบันเศรษฐกิจ สังคมโลก เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก มีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และใช้ในด้านอุตสาหกรรมการผลิต การบริการ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตและสังคม มีการทำธุรกรรมออนไลน์ การเข้าถึงข้อมูลและการ

ติดต่อสื่อสารหลากหลายช่องทาง การนำเสนอข้อมูลข่าวสาร ผ่านสื่อต่าง ๆ ส่วนการพัฒนาด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารก็ได้รับการนำไปใช้เป็นเครื่องมือ ช่วยในการทำงาน การศึกษา การเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและสะดวกสบายมากขึ้น

เพื่อการพัฒนาประเทศให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ รัฐจึงได้วางนโยบาย ประเทศไทย 4.0 ที่เน้นขีดความสามารถการแข่งขันของประเทศ เป็นโมเดลเศรษฐกิจที่จะนำพาประเทศไทยให้เปลี่ยนผ่านไปสู่ “ประเทศในโลกที่หนึ่ง” ที่มีความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในบริบทของการปฏิวัติอุตสาหกรรมยุคที่ 4 อย่างเป็นรูปธรรม ตามแนวทางแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปีด้วยการสร้างความเข้มแข็งจากภายใน ควบคู่ไปกับการเชื่อมโยงกับประชาคมโลก ตามแนวคิด “ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง”

2. เป้าหมายหลักสูตร

การจัดการเรียนการสอนวิชาการคำนวณ มีเป้าหมายที่สำคัญในการพัฒนานักเรียน ดังนี้

1. เพื่อใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ
2. เพื่อให้มีทักษะในการค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศ ประเมิน จัดการ วิเคราะห์ สังเคราะห์และนำสารสนเทศไปใช้ในการแก้ปัญหา
3. เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง การทำงานร่วมกันอย่างสร้างสรรค์เพื่อประโยชน์ต่อตนเองหรือสังคม
4. เพื่อใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างปลอดภัย รู้เท่าทัน มีความรับผิดชอบ มีจริยธรรม

3. มาตรฐาน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตาราง 1 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตามมาตรฐาน ว 4.1

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากศาสตร์ต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรในการทำโครงการเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน	- การทำโครงงาน เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากศาสตร์ต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรในการสร้างหรือพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาหรืออำนวยความสะดวกในการทำงาน - การทำโครงงานการออกแบบและเทคโนโลยีสามารถดำเนินการได้ โดยเริ่มจาก การสำรวจสถานการณ์ปัญหาที่สนใจ เพื่อกำหนดหัวข้อโครงงาน แล้วรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผลปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตาราง 2 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตามมาตรฐาน ว 4.2

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูล และใช้ความรู้ ด้านวิทยาการ คอมพิวเตอร์ สื่อ ดิจิทัล เทคโนโลยี สารสนเทศ ในการ แก้ปัญหาหรือเพิ่ม มูลค่า ให้กับบริการ หรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตจริงอย่าง สร้างสรรค์	- การนำความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล และเทคโนโลยี สารสนเทศ มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง - การเพิ่มมูลค่าให้บริการหรือผลิตภัณฑ์ - การเก็บข้อมูลและการจัดเตรียมข้อมูลให้พร้อมกับการประมวลผล - การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ - การประมวลผลข้อมูล และเครื่องมือ - การทำข้อมูลให้เป็นภาพ (data visualization) เช่น bar chart, scatter, histogram - การเลือกใช้แหล่งข้อมูล เช่น data.go.th, wolfram alpha, OECD.org, ตลาดหลักทรัพย์, world economic forum - คุณค่าของข้อมูลและกรณีศึกษา - กรณีศึกษาและวิธีการแก้ปัญหา ตัวอย่างปัญหา เช่น รูปแบบของ บรรจุภัณฑ์ที่ดึงดูดความสนใจ และตรงตามความต้องการผู้ใช้ในแต่ละประเภท การกำหนดตำแหน่งป้ายรถเมล์เพื่อลดเวลาเดินทางและ ปัญหาการจราจร จำลองความต้องการรับประทานอาหารในชุมชน และเลือกขายอาหารที่จะได้กำไรสูงสุดออกแบบรายการอาหาร 7 วัน สำหรับผู้ป่วยเบาหวาน

จากการศึกษา มาตรฐาน สาระที่ 4 เทคโนโลยี ทำให้ทราบความสอดคล้องกับเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีเนื้อหาที่ตรงตามเป้าหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานตามมาตรฐานและตัวชี้วัดที่ 4.1 ม.5/1 นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากศาสตร์ต่างๆ รวมทั้งทรัพยากรในการทำโครงการเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) พบว่าการนำหลักสูตรไปใช้นั้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ฝึกทักษะการคิด เฝียูสถานการณ์การแก้ปัญหาวางแผนการเรียนรู้ ตรวจสอบการเรียนรู้ และนำเสนอเพื่อให้

เกิดทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา จนสามารถนำเอาแนวคิดเชิงคำนวณมาประยุกต์ใช้ในการสร้างโครงงานโดยอาศัยกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) และการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning)

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนธิดานุเคราะห์ รายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยีกลุ่ม สาระวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2563

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนธิดานุเคราะห์ พ.ศ. 2563 ในรายวิชา เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) ในส่วนของคำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการวัดประเมินผลทักษะการคิดเชิงคำนวณ

1. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับความหมายของนวัตกรรม ความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีและนวัตกรรม รูปแบบของเทคโนโลยี การพัฒนาอย่างยั่งยืน หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ระบบทางเทคโนโลยี กระบวนการเทคโนโลยี องค์ประกอบที่สัมพันธ์กับกระบวนการทางเทคโนโลยี การออกแบบเชิงวิศวกรรม สะเต็มศึกษา โครงงานสะเต็ม การทำโครงงาน การประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากศาสตร์ต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรในการสร้างหรือพัฒนาชิ้นงาน เพื่อแก้ปัญหาในการทำงาน การทำโครงงานออกแบบและเทคโนโลยี ผลงานโครงงานการออกแบบและเทคโนโลยี

โดยอาศัยกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) และการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติฝึกทักษะการคิด เฝ้าสังเกตการณ์การแก้ปัญหาวางแผนการเรียนรู้ และ นำเสนอผ่านการทำกิจกรรมโครงงาน

เพื่อให้เกิดทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการวิเคราะห์ปัญหา นำไปสู่การสร้างต้นแบบ ตลอดจนสามารถนำกระบวนการเทคโนโลยี สร้างเทคโนโลยีวิธีการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำรงชีวิต รวมทั้งคำนึงถึงทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ตลอดจนนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต จนสามารถพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ อีกทั้งยังเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2. โครงสร้างรายวิชา

ผู้วิจัยได้ศึกษาโครงสร้างรายวิชาตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนนิตยานุเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ. 2563 รายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อใช้ในการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และจัดทำแผนจัดการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ดังตาราง 13

ตาราง 3 โครงสร้างรายวิชา

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วยการ เรียนรู้	มาตรฐาน การเรียนรู้/ ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
1	เทคโนโลยีและ นวัตกรรม	มฐ.ว 4.1 ม.5/1	- เทคโนโลยี เป็นหลักการที่อาศัยองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์เป็นหลัก มนุษย์มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง และสร้างสิ่งใหม่ - นวัตกรรม คือ การสร้างสิ่งใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน หรือการพัฒนาของที่มีอยู่เดิมให้ดียิ่งขึ้นด้วยการเพิ่มหน้าที่การทำงานใหม่เข้ามาทดแทน - เทคโนโลยีทำให้เกิดนวัตกรรมซึ่งมีส่วนทำให้เกิดเทคโนโลยีใหม่ เช่น หลักการที่เป็นวิทยาการพื้นฐานทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ทำให้เกิดเทคโนโลยี	14	20
2	โครงงานและ การแก้ปัญหา	มฐ.ว 4.1 ม.5/1	- ระบบทางเทคโนโลยี หมายถึงระบบที่มนุษย์สร้างขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหาหรือความต้องการ	14	20

ตาราง 3 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	มาตรฐาน การเรียนรู้/ ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
			- สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัด การศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่ บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผนวกกับกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม		
3	ความรู้และ ทักษะ เฉพาะด้าน	มฐ.ว 4.1 ม.5/1	- ระบบคอมพิวเตอร์ (Computer System) หมายถึง ชุดอุปกรณ์ของ คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน และสามารถทำงานร่วมกันได้ โดย มีการกำหนดชุดคำสั่งหรือ โปรแกรมควบคุม เพื่อให้ชุด อุปกรณ์ทำหน้าที่ประมวลผล ข้อมูลโดยอัตโนมัติและได้ผลลัพธ์ ตามที่ต้องการ โดยมีขั้นตอนคือ นำเข้าข้อมูล ประมวลผลข้อมูล แสดงผลลัพธ์และข้อมูลย้อนกลับ	8	10
สอบกลางภาค / ปลายภาค				4	50
รวมตลอดปี / ภาค				40	100

จากการศึกษาคำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชาพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวสอดคล้องกับเนื้อหาทั้งสามหน่วยการเรียนรู้ แต่เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจระบบการทำงานของคอมพิวเตอร์ได้ดียิ่งขึ้นโดยอาศัยหลักการ

ทำงานของระบบสมองกลฝังตัว ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาวิจัยในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1. นิยามความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับนิยามและความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) จากตำรา งานวิจัยและบทความโดยมีนักวิชาการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ให้ความหมายและกล่าวถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ ดังนี้

หน่วยงานวิจัยของประเทศแคนาดา (National Research Council Canada, 2012) หรือเอนอาร์ซี (NRC) ได้กล่าวถึงการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ได้บูรณาการสะสมศึกษาว่าผู้สอนมีบทบาทหน้าที่ในการเป็นผู้สร้างสถานการณ์หรือปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน หรือการสร้างสถานการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนนั้นสนใจที่จะแก้ปัญหา ผู้เรียนมีบทบาทหน้าที่ในการนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (อ้างถึงใน NRC, 2012) ได้กล่าวอีกว่าจุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนแบบสะสม คือการผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กล่าวว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน

ศิริพร เครือทอง และ ญัฐกาญจน์ ลีสุขสาม (2560: 80) ได้กล่าวว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการทำงานที่เน้นการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อใช้แก้ไขปัญหา สร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่หรือนวัตกรรม โดยการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า ภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขและการวิเคราะห์หาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขหรือพัฒนาที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมในปัจจุบัน

ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์ (2561: 194) ได้อ้างถึงใน สภาวิจัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (2558) ได้สรุปความหมายของกระบวนการออกแบบวิศวกรรมไว้ว่าเป็นกระบวนการที่กำหนดปัญหา พัฒนาแนวทางการแก้ปัญหา โดยเป็นการทำงานที่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้สรุปความหมายไว้ว่าเป็นวิธีการกำหนดปัญหาหรือความต้องการค้นหาแนวคิดวางแผน และพัฒนาแนวคิด ทดสอบและประเมินผลและนำเสนอ ซึ่งการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ได้

สุวิมล สาสังข์ (2562: 46) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการดำเนินกิจกรรม สะเต็มศึกษานั้น ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้หลักการทำงานในชีวิตจริงและหลักการทำงานของวิศวกรรมมากขึ้นโดยครูมีหน้าที่เพียงเป็นผู้ช่วยเหลือ กระตุ้นคำถามและเสนอแนะความคิดเห็นเท่านั้น เนื่องจากในการสร้างชิ้นงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ลงมือปฏิบัติเอง ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ศึกษาข้อมูลแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ระดมความคิดและช่วยกันตัดสินใจภายใต้เงื่อนไข ข้อจำกัดและเวลาที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทำงานในชีวิตจริง และหลักการทำงานของวิศวกรรมที่เมื่อมีการสร้างผลงาน หรือการสร้างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ย่อมต้องมีเงื่อนไข หรือข้อจำกัดต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง

เพียงขวัญ แก้วเรือง (2564: 6) ได้ให้ความหมายว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ กระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานโดยใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานออกมา เมื่อสร้างชิ้นงานหรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบเพื่อการปรับปรุงแก้ไขและได้เป็นผลงานที่มีประสิทธิภาพ

เบญจมาศ รอดวงษ์ และคณะ (2565: 54) ได้กล่าวว่าการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เนื่องจากเป็นการผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน

สุธิดา การมี (2565) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนที่นำมาใช้ในการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหา เริ่มต้นกระบวนการด้วยการระบุปัญหา จากนั้นจึงค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง และวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสม เมื่อได้สร้างชิ้นงานหรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบถ้ามีข้อบกพร่องให้ทำการปรับปรุงแก้ไข

จากการศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยและบทความวิชาการ ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการออกแบบวิศวกรรม เป็นการนำการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เข้ามาประยุกต์ ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจถึงวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น และประยุกต์ใช้หลักการและวิธีการใหม่เพื่อใช้ในการ

ออกแบบชิ้นงานหรือแนวทางการแก้ปัญหา โดยเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์โดยตรงจากการฝึกปฏิบัติ

2. แนวคิดทฤษฎีที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและสนับสนุนการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยมีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ข้อสรุปและข้อเสนอไว้ ดังนี้

การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจากกิจกรรมจริง ซึ่งนักเรียนจะต้องนำความรู้ที่ได้รับในชั้นเรียนมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหา โดยการเรียนการสอนจะเน้นกระบวนการสืบสอบ (Inquire Method) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีสรณนิยม (Constructivism) เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่ติดตัวมาก่อนเข้าด้วยกัน ทฤษฎีสรณนิยม (Constructivism) มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) และไวโกตสกี (Vygotsky) มีความเชื่อว่า นักเรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง ด้วยการปฏิบัติจริง เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์ใหม่นักเรียนจะใช้วิธีนำความรู้และประสบการณ์ที่เคยพบเจอมาคิดแก้ไขปัญหาใหม่ที่ได้รับ (เพียเจต์, 2654: 3)

เมื่อพิจารณาขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process : EDP) มีลักษณะเช่นเดียวกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problems Learning) และยังมีลักษณะเช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม (STEM) และ สเต็ม (STEAM) ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการสหวิชาและใช้ทักษะที่หลากหลาย เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา พัฒนาชิ้นงานหรือสร้างสรรค์นวัตกรรม บนพื้นฐานแนวคิดของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการปฏิบัติจริง (Learning by Doing) ประกอบด้วย การรู้ (Knowing) และการลงมือกระทำ (Doing) ความรู้และความสามารถในการใช้ความรู้ เป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการเรียนรู้ นักเรียนต้องเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมกับความรู้ใหม่แล้วสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม ผ่านกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา สอดคล้องกับหลักพัฒนาการตามลำดับขั้นความรู้ความคิดของบลูม (Bloom's Taxonomy of Learning) ทั้ง 6 ขั้น คือ ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การประเมินค่าและการสร้างสรรค์

Mathiphatikul (2019) ได้กล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์ จากการระบุปัญหา ศึกษาข้อมูลและ

ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา สอดคล้องกับการวิจัยของ จักรกฤต ภูงศ์ประเวศ (2566) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ทั้งในด้าน การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจร่วมกัน การเลือกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และการกำหนดและรักษาระเบียบของกลุ่ม

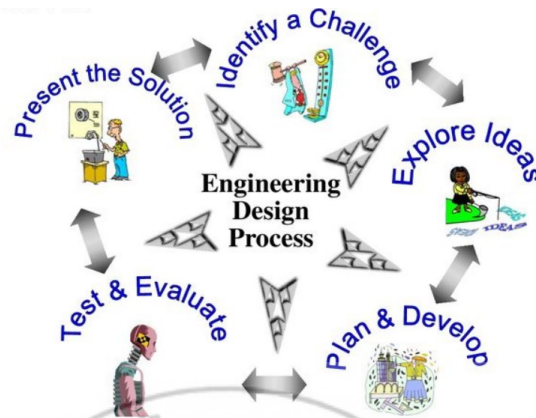
สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีความคล้ายคลึงกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) หรือการแก้ปัญหาเพราะในขั้นการดำเนินการ จะประกอบด้วยการระบุปัญหาแล้วจึงศึกษาข้อมูลเพื่อออกแบบขั้นตอนหาวิธีการและดำเนินการแก้ไข มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีสรณนิยม (Constructivism) และทฤษฎีพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) และไวทสกี (Vygotsky) มีความเชื่อว่านักเรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่จากการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมของตนเองได้ การจัดการเรียนรู้จะเน้นกระบวนการสืบสอบ (Inquire Method) และการลงมือปฏิบัติ ใช้เทคนิคการสังเคราะห์ส่วนประกอบและเทคนิคสเคมเปอร์หรือเทคนิคการสร้างแนวคิดใหม่ ซึ่งเป็นการระดมสมองรูปแบบหนึ่งที่เป็นวิธีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนคิดหาวิธีการที่หลากหลาย ส่งผลให้เกิดความคิดยืดหยุ่น คล่องแคล่วและเป็นการคิดแบบอบเนกนัย (Divergent) สามารถสร้างแนวคิดหรือวิธีการที่หลากหลาย หรืออาจนำมาซึ่งแนวคิดใหม่

3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

เพื่อการออกแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีนักวิชาการหลายท่านได้เสนอขั้นตอนการออกแบบการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบแบบเชิงวิศวกรรมไว้ ดังนี้

กฤษดา ชูสินคุณาวุฒิ (2557: 37) ได้รวบรวมกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจากสมาคมหรือหน่วยงานต่าง ๆ ไว้ ดังต่อไปนี้

1) ศูนย์การเรียนรู้การสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติได้พัฒนารูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย กำหนดปัญหาหรือความต้องการ ค้นหาแนวคิด วางแผนและพัฒนาแนวคิด ทดสอบและประเมินผล และนำเสนอ ซึ่งการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ดังภาพ 2

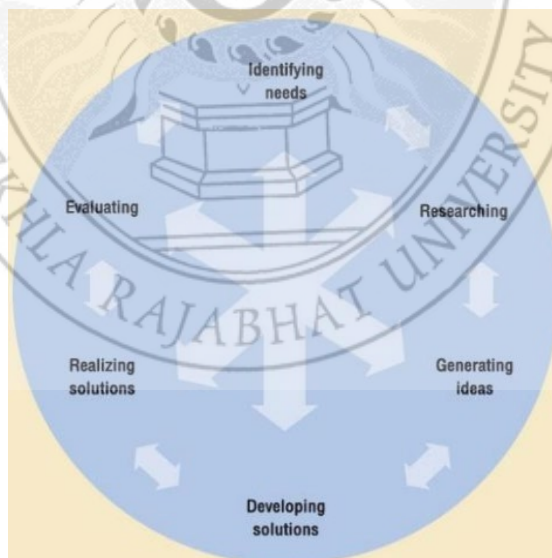


ภาพ 2 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของศูนย์การเรียนการสอนสะเต็มของสมาคม

เทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ

ที่มา: กฤษฎดา ชูสินคุณาวุฒิ (2557: 38)

2) กระทรวงศึกษาธิการ ประเทศไทยกำหนดหลักสูตรการศึกษาแห่งชาติตลอดจนหลักสูตรของโรงเรียนนานาชาติที่ใช้ระบบอังกฤษ ได้กำหนดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่าประกอบด้วย การกำหนดความต้องการรวบรวมข้อมูล สร้างแนวคิด พัฒนาแนวคิด ลงมือปฏิบัติและประเมินผล โดยการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปทำงานขั้นตอนต่าง ๆ ได้ ดังภาพ 3



ภาพ 3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของกระทรวงศึกษาธิการ ประเทศไทย

ที่มา: กฤษฎดา ชูสินคุณาวุฒิ (2557: 39)

3) หน่วยงานการศึกษาและการฝึกอบรม ของรัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย เรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการเทคโนโลยี (Technology Process) ประกอบด้วยการทำงาน 3 ระยะ คือ การสำรวจและกำหนดงาน การสร้างและพัฒนาแนวคิดการลงมือปฏิบัติ โดยในแต่ละระยะจะมีการวางแผนการจัดการและประเมินผล ดังภาพ 4



ภาพ 4 กระบวนการเทคโนโลยี (Technology Process) ของหน่วยงานการศึกษาและการฝึกอบรม
ของรัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย

ที่มา: กฤษดา ชูสินคุณาวุฒิ (2557: 39)

เพียงขวัญ แก้วเรือง (2564: 24) ได้รวบรวมกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของสถาบัน
องค์กรและหน่วยงานต่างๆ ไว้ดังนี้

1) Museum of Science's National Center for Technological Literacy (2007)

เสนอขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมทั้งหมด 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ตั้งคำถาม (ask) คือ การระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข รวมทั้งการพิจารณาเงื่อนไข
ของการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 คิดวิธีแก้ปัญหา (imagine) คือ การคิดหาวิธีแก้ปัญหาโดยการระดมความคิดของ
ตนเองกับผู้อื่น เพื่อหาวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลาย แล้วร่วมกันตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่คิดว่าดีและ
เหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 3 วางแผน (plan) คือ การระบุวิธีและขั้นตอนการแก้ปัญหา ระบุอุปกรณ์หรือ
เครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ เพื่อแก้ปัญหามาตามแนวทางนั้น

ขั้นที่ 4 สร้างสรรค์ (create) เป็นการปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ โดยการสร้าง
สิ่งประดิษฐ์ตามที่ได้วางแผนไว้

ขั้นที่ 5 ปรับปรุง (improve) เป็นการทดสอบคุณภาพและประเมินประสิทธิภาพของผลงาน เพื่อทำการปรับปรุงให้มีผลงานดีขึ้น แล้วทำการทดสอบอีกครั้งจนกว่าจะได้วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

2) International Technology and Engineering Educators Association: ITEEA (2007) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานสำคัญคือการกำหนดปัญหา (Identifying the problem) สร้างแนวคิด (Generating ideas) ด้วยเทคนิคการระดมสมองเพื่อสำรวจแนวคิดการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ การเลือกวิธีแก้ปัญหา (Selecting a solution) การทดสอบวิธี (Testing the solution) การสร้างแบบจำลอง (Models) และได้เป็นต้นแบบ (Prototypes) การสร้างชิ้นงาน (Making the item) การประเมินผล (Evaluating it) และการนำเสนอ (Presenting the results) ทั้งนี้การทำงานสามารถย้อนกลับไปทำวนใหม่ได้ในทุกขั้นตอนเพื่อปรับปรุงแก้ไข จนได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด

3) National Research Council : NRC (2012) ได้กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) คือ วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Related Information) คือเป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้

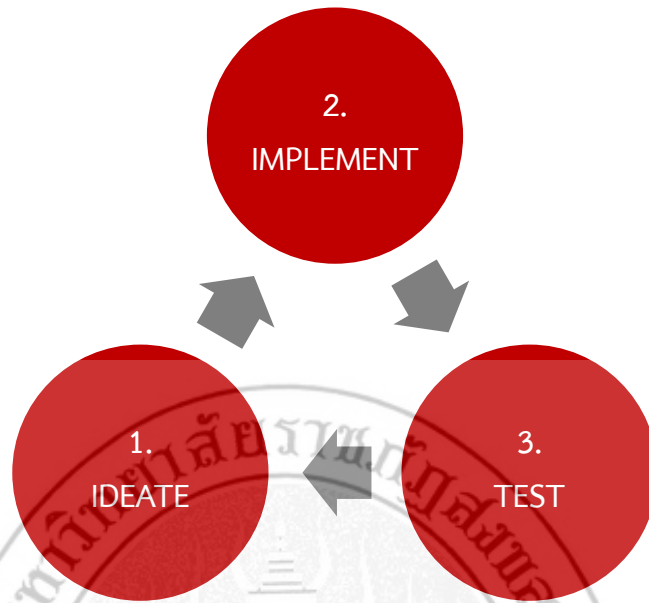
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการ (Solution Design) คือ การออกแบบข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 วางแผนและพัฒนา (Planning and Development) คือ เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้าง

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข (Testing, Evaluation and Design Improvement) คือ เป็นการทดสอบและประเมินชิ้นงานที่สร้างขึ้น โดยเอาผลที่ได้มาปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่เหมาะสม

ขั้นที่ 6 การนำเสนอ (Presentation) คือ เป็นการนำเสนอแนวคิด ขั้นตอนการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจและเป็นการรับข้อเสนอแนะของผู้อื่นเพื่อพัฒนาชิ้นงานต่อไป

4) VEX Robotics (2015) ได้กล่าวถึง กระบวนการออกแบบวิศวกรรมว่าเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และแนวทางปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหา โดยระเบียบวิธีการจะคล้ายคลึงกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่ในกระบวนการวิศวกรรมจะมีวิธีการ กระบวนการแก้ปัญหา และขั้นตอนที่แตกต่างกันไป โดยกระบวนการวิศวกรรมจะมีเงื่อนไข 3 ขั้นตอน ดังภาพ 5



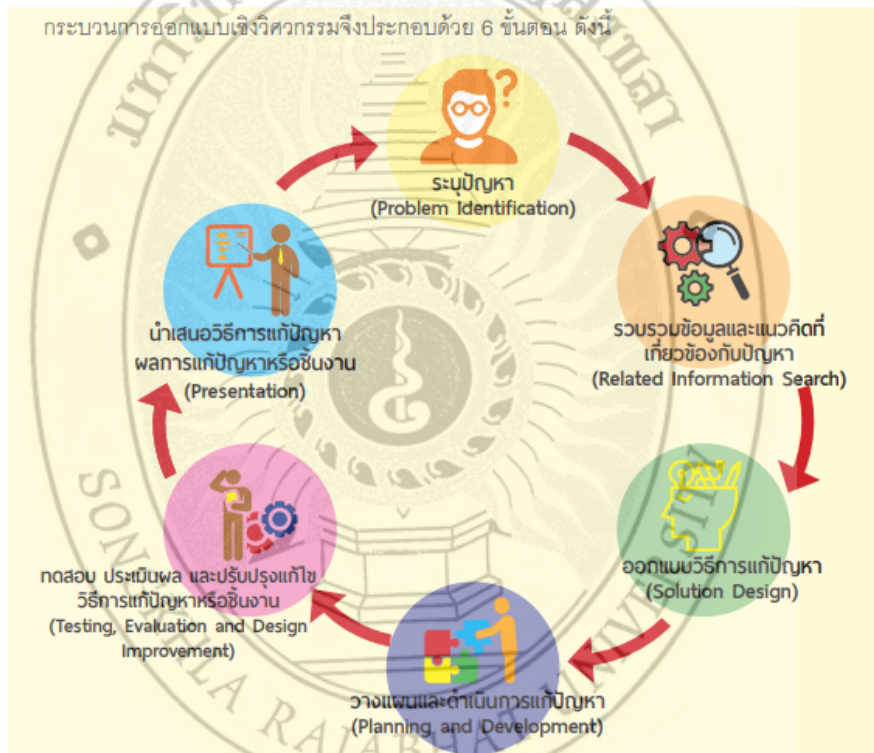
ภาพ 5 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ VEX Robotics

ที่มา: เพ็ญขวัญ แก้วเรือง (2564: 27)

จากภาพลักษณะการทำงานจะเป็นห่วง 3 ส่วน คือ 1) ความคิดที่นำมาใช้ (Ideate) 2) หลังจากที่ใช้แล้วนำมาทดสอบ ประเมินผล และ 3) ในระหว่างการทดสอบและการประเมินผล จะมีแนวคิดเพิ่มมากขึ้น และเกิดกระบวนการใหม่ ๆ ขึ้นทุกครั้ง ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าเป็นการออกแบบซ้ำ ๆ นั่นเอง โดย 3 ห่วงนี้สามารถแยกออกเป็น 11 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ขั้นเข้าใจ (Understand) เป็นขั้นตอนการกำหนดปัญหา
- ขั้นที่ 2 การสำรวจ (Explore) เป็นขั้นตอนการทำวิจัยขั้นพื้นฐาน
- ขั้นที่ 3 กำหนด (Define) เป็นการกำหนดขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงาน
- ขั้นที่ 4 สร้างแนวคิด (Ideate) สร้างขั้นตอนแนวคิดใหม่
- ขั้นที่ 5 สร้างต้นแบบ (Prototype) เป็นการสร้างและเรียนรู้ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
- ขั้นที่ 6 เลือก (Choose) เป็นการกำหนดขั้นตอนครั้งสุดท้ายสำหรับแนวคิด
- ขั้นที่ 7 การปรับปรุงอย่างละเอียด (Refine) เป็นขั้นตอนการสร้างรายละเอียด
- ขั้นที่ 8 นำเสนอ (Present) นำเสนอเพื่อได้รับข้อคิดเห็นและการอนุมัติการทำงาน
- ขั้นที่ 9 การนำไปใช้ (Implement) ใช้ขั้นตอนที่สร้างไปสู่การปฏิบัติจริง
- ขั้นที่ 10 การทดสอบ (Test) ทดสอบการทำงานว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่
- ขั้นที่ 11 ทำซ้ำ (Iterate) เป็นการทำซ้ำ

สุธิดา การมี (2565) ได้อธิบายไว้ว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนที่นำมาใช้ในดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะเริ่มโดยการระบุปัญหาที่พบแล้วกำหนดเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นจึงค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไข เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้วจึงทำการวางแผนและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ เมื่อได้สร้างชิ้นงานหรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบถ้ามีข้อบกพร่องให้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นสามารถใช้แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ และในตอนท้ายจะประเมินผลว่าสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นสามารถใช้แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ดังภาพ 6



ภาพ 6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process)

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.] (2562)

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่พบเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันซึ่งสามารถใช้ทักษะการตั้งคำถามด้วยหลัก 5W1H เมื่อเกิดปัญหาหรือความต้องการคำถามจากหลัก 5W1H ซึ่งประกอบด้วย

- Who เป็นการตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับบุคคลปัญหาหรือความต้องการ
- What เป็นการตั้งคำถามว่าอะไรคือปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้น ๆ
- When เป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใด
- Where เป็นการตั้งคำถามปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นว่าจะเกิดขึ้นที่ไหน
- Why เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์สาเหตุว่าทำไมถึงเกิดปัญหาหรือความต้องการ
- How เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์หาแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาว่าสามารถทำได้ด้วยวิธีการอย่างไร

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ เพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น สอบถามจากผู้รู้ สืบค้นหรือสำรวจจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้จะเป็นการศึกษาค้นคว้าความรู้ทั้งวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์แล้วสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการโดยวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอาจมีได้มากกว่าหนึ่งวิธีจากนั้นจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการในประเด็นต่าง ๆ เช่น ข้อดี ข้อเสีย ความสอดคล้องและการนำไปใช้ได้จริงของวิธีการแต่ละวิธี ดังนั้นวิธีการที่จะถูกพิจารณาคัดเลือกจะอยู่ภายใต้กรอบของปัญหาหรือความต้องการมาเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือก

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

เป็นขั้นตอนของการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการโดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่ 2 ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยสื่อสารแนวคิดของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจโดยผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การร่างภาพ และการอธิบาย

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

เป็นขั้นตอนการวางลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ จากนั้นจึงลงมือสร้างหรือพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบและประเมินชิ้นงานวิธีการที่สร้างขึ้นว่า สามารถทำงานหรือใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้หรือไม่ มีข้อบกพร่องอย่างไรและควรปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือแบบจำลองวิธีการในส่วนใดควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในส่วนนั้นจนได้ชิ้นงานวิธีการที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

เป็นขั้นตอนของการคิดวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานหรือวิธีการที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ

จากที่กล่าวมาข้างต้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน เป็นแนวคิดที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้โดยผู้สอนสามารถพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมขั้นที่ 1 ระบุปัญหามาเป็นส่วนหนึ่งของขั้นนำของการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นการกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้ผู้เรียน เพื่อที่ผู้เรียนจะได้ทำการวิเคราะห์เพื่อกำหนดปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้น สำหรับขั้นที่ 2 ถึงขั้นที่ 6 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถจัดอยู่ในส่วนของขั้นพัฒนาผู้เรียน ส่วนขั้นสรุปของการเรียนเป็นการสรุปร่วมกันถึงองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า มีรูปแบบและขั้นตอนบางอย่างแตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือเน้นการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา สามารถคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหอย่างเหมาะสม ในบางขั้นตอนอาจมีการย้อนกลับไปทำซ้ำหลายครั้งจนได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดหรือบางขั้นตอนอาจรวบรัดหรือกระชับกระบวนการเพื่อให้สอดคล้องกับการประยุกต์ใช้แต่ละประเภทเพื่อแก้ปัญหาและเกิดประโยชน์สูงสุดในการดำเนินการ

ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแต่ละรูปแบบอาจมีจำนวนขั้นตอนที่แตกต่างกัน บางขั้นตอนอาจต้องย้อนกลับไปทำซ้ำหลายครั้งเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการที่สุด แต่เนื้อหาหลักของการดำเนินการคือการออกแบบและแก้ปัญหา โดยการศึกษาข้อมูลและวิธีการที่สอดคล้องกับปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักวางแผน การแก้ปัญหา เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันระดมความคิดและร่วมกันตัดสินใจ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหาโดยผ่านการลงมือปฏิบัติจริง เป็นเครื่องมือช่วยส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ การคิดแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การคิดสร้างนวัตกรรมและการเป็นพลเมืองที่มีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ได้มีนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านเสนอวิธีการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ณัฐภูมิ อรุณรัตน์ (2561: 19-24) ได้อ้างถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Ziaeeefard et al. (2017) ไว้ว่าประกอบด้วย 8 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การตั้งคำถาม (Ask) คือ การถามคำถามด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือถามหาถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น ข้อจำกัดคืออะไร

ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Imagine) คือ การออกแบบวิธีการดำเนินการ ระดมความคิดเลือกแผนการที่ดีที่สุด หรือการพัฒนางานโดยใช้โมเดล

ขั้นที่ 3 การวางแผน (Plan) คือ การวางแผนการดำเนินงาน การเลือกวัสดุหรือสิ่งที่ต้องการใช้ และแนวทางการดำเนินการตรวจสอบ

ขั้นที่ 4 การดำเนินการ (Create) คือ การดำเนินการตามแผนที่ออกแบบไว้หรือดำเนินการทดสอบ วิเคราะห์ แปลงผลข้อมูล

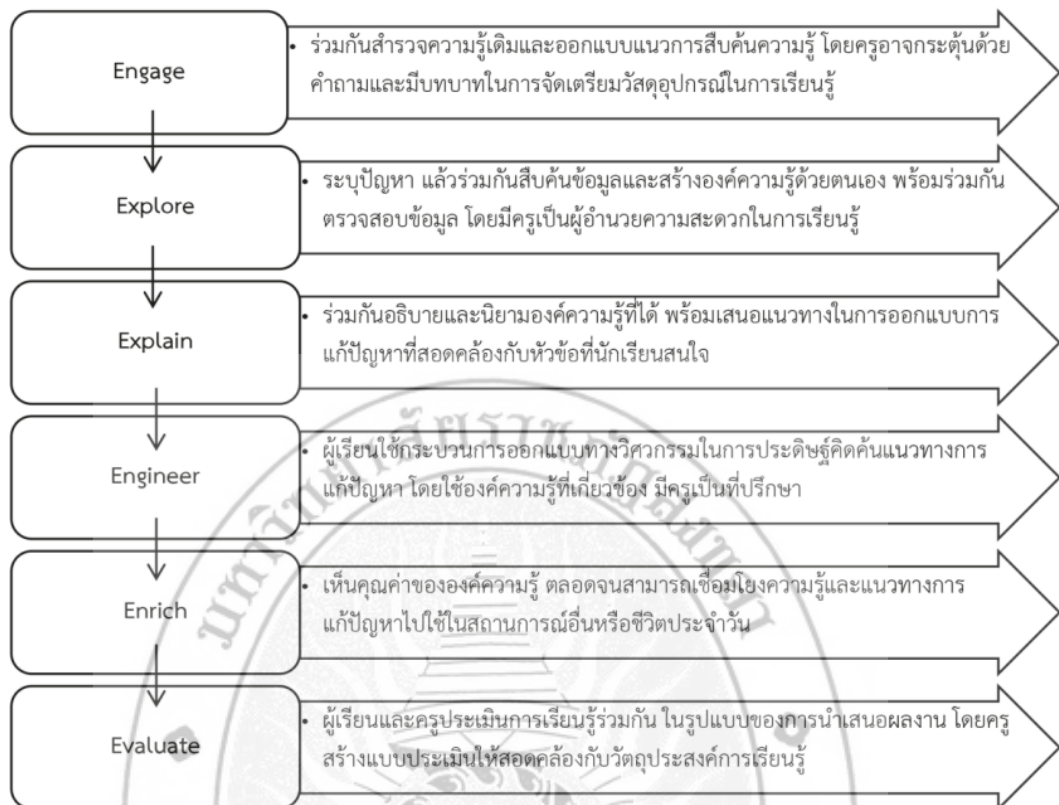
ขั้นที่ 5 การปรับปรุง (Improve) คือ การดำเนินการปรับปรุงงานในสิ่งที่ต้องการแก้ไข ออกแบบใหม่ พร้อมทั้งดำเนินการใหม่

ขั้นที่ 6 การอธิบายด้วยหลักการวิศวกรรม คือ การใช้วิธีการคำนวณหรือความรู้พื้นฐานในการอธิบายงานที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 7 การอธิบายแลกเปลี่ยนข้อมูล คือ การมีส่วนร่วมในการโต้แย้งร่วมกันกับผู้อื่น จากหลักฐานหรือข้อค้นพบ

ขั้นที่ 8 การประเมินผลและการสื่อสาร

รูปแบบการสอน 6E Learning by Design TM Model เสนอ โดย Burke (อ้างถึงในมูस्ताกิม อาแว และคณะ, 2562) ที่มีการนำทักษะทางวิศวกรรมเข้ามาปรับใช้กับเทคนิคการจัดการเรียนรู้ 6E Learning แบบดั้งเดิม ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังภาพ 7



ภาพ 7 รูปแบบการสอน 6 E Learning

ที่มา: มุสตาгим อาแว และคณะ (2562: 318)

โมเดล SLED (The Science Learning through Engineering Design) เสนอโดย Capobianco et al. (2012) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ

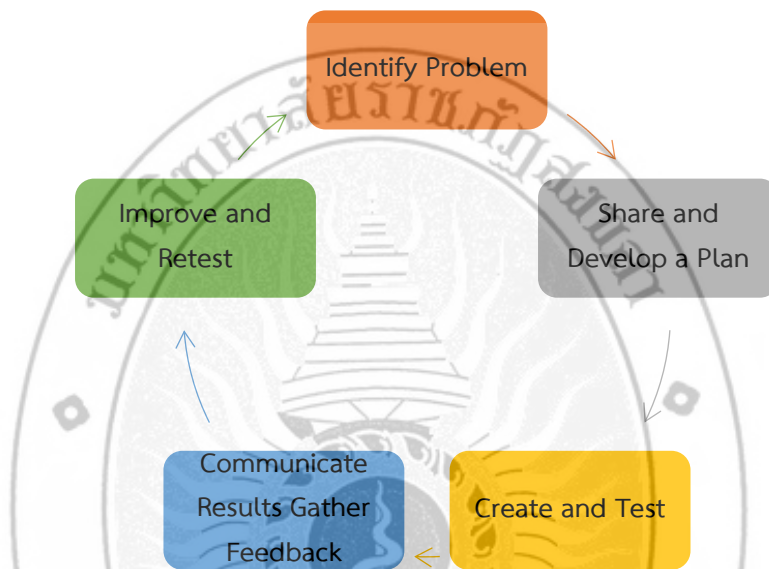
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Identify problem) นักเรียนร่วมกันทำงาน เพื่อระบุบริบทโดยรวมของปัญหา ทั้งปัญหาโดยรวมและปัญหาที่สำคัญเฉพาะเจาะจง

ขั้นที่ 2 แลกเปลี่ยนและวางแผน (Share and Develop a plan) นักเรียนแต่ละคนคิดแนวทางการแก้ปัญหาตามสิ่งที่ตนเองรู้โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองเคยศึกษาจากนั้นนักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาภายในกลุ่ม และตกลงร่วมกันวางแผนรายละเอียดการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 สร้างและทดสอบ (Create and Test) นักเรียนร่วมกันออกแบบเพื่อสร้างและทดสอบแผนหรือโมเดลของกลุ่มตนเอง ในขั้นตอนนี้จะเน้นการบันทึกผลลัพธ์จากการทดสอบและการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีอยู่เพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 4 นำเสนอและรับฟังข้อเสนอแนะ (Communicate results gather feedback) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลลัพธ์ของการออกแบบแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ และทั้งชั้นเรียน

ขั้นที่ 5 ปรับปรุงและทดสอบซ้ำ (Improve and Retest) นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อเสนอแนะจากกลุ่มอื่นๆ จากนั้นกลับมาปรับปรุงแผนของตนเองและทำการทดสอบซ้ำ ดังภาพ 8



ภาพ 8 โมเดล SLED : The Science Learning through Engineering Design

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ Project-based Learning Model for 21st Century

ที่มา: Capobianco et al. (2012: 60)

พัฒนาโดย Baker (2011) มีการปรับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐานแบบดั้งเดิม มาปรับปรุง โดยนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาร่วมด้วย ประกอบไปด้วยขั้นตอนย่อย 8 ขั้นตอน ได้แก่

1. การสืบค้นข้อมูลและองค์ความรู้
2. การนิยามและระบุปัญหา
3. การตรวจสอบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. การพิจารณาผลกระทบของปัญหาต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
5. มองหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
6. วางแผนและร่วมกันออกแบบกับสมาชิกในกลุ่ม
7. ดำเนินการตามแผนงาน
8. สรุป ประเมินผลและสะท้อนคิดร่วมกัน

ทั้งนี้ครูต้องคอยชี้แนะและให้คำปรึกษา รวมถึงคอยสังเกตเหตุการณ์ต่าง ๆ ทุกขั้นตอน พร้อมกับประเมินนักเรียนตามวัตถุประสงค์ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจะถูกนำมาประยุกต์กับเทคโนโลยีระหว่างอยู่ในขั้นตอนดำเนินงาน ให้นักเรียนสามารถนำความรู้ความเข้าใจที่เกิดจากการทำกิจกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของตนเองได้

ปรานวดี อุ่นญาติ (2564: 24) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหาและเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา ระบุปัญหาเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการ ระบุข้อดีและข้อจำกัดของปัญหาคืออะไร เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ และระดมความคิดภายในกลุ่ม หลังจากนั้นวิเคราะห์แล้วหาวิธีการแก้ปัญหาแล้วพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหา ทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขที่พบในสถานการณ์

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ นักเรียนนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาในขั้นตอนที่ 2 มาใช้ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการโดยใช้วิธีการร่างภาพและการระบุขั้นตอนดำเนินการ รวมถึงระบุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างละเอียด ครูผู้สอนใช้ชุดคำถามจากเทคนิคสแคมเปอร์ ที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ โดยคำถามมาจากตัวอักษรตัวแรกของ SCAMPER คือ

S = Substitute (การแทนที่) คำถามเช่น มีวัสดุหรือวิธีการใดที่สามารถนำมาใช้แทนที่เพื่อพัฒนาชิ้นงานให้ดีขึ้น

C = Combine (การผสมผสาน) คำถามเช่น จะเกิดอะไรขึ้นหากผสมผสานวิธีการแก้ปัญหานี้กับวิธีการอื่นๆ อีก

A = Adapt (การปรับเอาสิ่งอื่นมาใช้) คำถามเช่น มีวิธีการหรือวัสดุอื่นๆ อีกหรือไม่ที่สามารถนำมาปรับใช้ได้

M = Magnify (การปรับเปลี่ยน/ดัดแปลง) คำถามเช่น จะสามารถดัดแปลงวิธีการแก้ปัญหาหรือวัสดุอุปกรณ์เป็นวิธีการอื่นอีกได้หรือไม่

P = Put to another Uses (การประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่น) คำถามเช่น วิธีการแก้ปัญหานี้เหมือนหรือต่างจากสิ่งอื่นๆ หรือไม่ แล้วสามารถนำมาปรับใช้ได้หรือไม่

E = Eliminate (การกำจัดหรือตัดออก) คำถามเช่น สามารถปรับหรือลดความซับซ้อนของวิธีการแก้ปัญหาหรือวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบอื่นได้หรือไม่

R = Reverse (การเรียงเรียงใหม่หรือย้อนกลับ) คำถามเช่น หากมีการเปลี่ยนลำดับขั้นตอนจะเป็นอย่างไร

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการวางลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน แล้วลงมือสร้างหรือหาวิธีการภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงานนักเรียนตรวจสอบและประเมินชิ้นงานวิธีการที่สร้างขึ้นว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ ค้นพบข้อบกพร่องอย่างไร และควรปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือแบบจำลองอย่างไร แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มคิดวิธีการนำเสนอชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา นำเสนอชิ้นงานที่สร้างขึ้น ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข้อเสนอแนะในชิ้นงานเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

ปรานวดี อุณฺญาติ (2564: 19) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ว่าเป็นการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ โดยนักเรียนวิเคราะห์ปัญหา รวบรวมข้อมูลและหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหาและเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาให้เข้าใจระบุปัญหา ข้อจำกัดและเงื่อนไขที่พบเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนรวบรวมแนวคิดและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง แล้วจัดทำเป็นสารสนเทศในกลุ่มแล้วพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้และข้อจำกัดในสถานการณ์

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนนำข้อมูลที่ได้รวบรวมมาในขั้นที่ 2 มาออกแบบวิธีการ หรือชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยการระบุขั้นตอนหรือการร่างภาพ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนหลังจากนั้นลงมือสร้างชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงานนักเรียนทดสอบและประเมินชิ้นงานหรือวิธีการที่ดำเนินการสร้างว่าประสบความสำเร็จหรือไม่หากไม่สามารถแก้ปัญหานำไปปรับปรุงชิ้นงานหรือวิธีการจนได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนนำเสนอชิ้นงานที่สร้างขึ้นมา แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การพัฒนาในครั้งต่อไป

ศิริพร เครือทอง และณัฐกาญจน์ ลีสุขสาม (2563: 82) ได้จัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง วงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา นักเรียนระบุปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ลงในใบกิจกรรม โดยมีสถานการณ์คือ “น้องดาวได้จองตัวคอนเสิร์ตศิลปินเกาหลีที่ตนเองชื่นชอบที่จะจัดขึ้น

สิ้นเดือนนี้ และต้องการซื้อป้ายไฟเซียร์เพื่อนำไปในวันที่มีคอนเสิร์ตด้วย แต่ปรากฏว่าน้องดาวหาซื้อป้ายไม่ได้เนื่องจากมีคนจองเอาไว้หมดแล้ว และถ้าสั่งทำเพิ่มก็เกรงว่าจะเสร็จไม่ทันวันที่แสดงคอนเสิร์ตเพราะมีคนสั่งทำหลายคนจึงต้องรอคิว น้องดาวจึงคิดที่จะทำป้ายไฟเซียร์เอง ให้นักเรียนช่วยน้องดาวทำป้ายไฟเซียร์เพื่อนำไปในวันแสดงคอนเสิร์ต” นักเรียนหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าของป้ายไฟที่นักเรียนประดิษฐ์ขึ้น

ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับความหมายของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และสัญลักษณ์ต่างๆ ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบป้ายไฟเซียร์โดยระบุรายละเอียดเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์ลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนวางแผนและลงมือประดิษฐ์ป้ายไฟเซียร์ตามที่ได้ออกแบบไว้โดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่ครูจัดเตรียมให้

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบทดสอบป้ายไฟเซียร์ที่ประดิษฐ์โดยเมื่อต่อกับถ่านแล้วไฟติดทุกดวง หากหลอดไฟไม่ติดนักเรียนต้องหาสาเหตุของปัญหานั้น แล้วปรับปรุงแก้ไข (สาเหตุที่หลอดไฟไม่ติดอาจเกิดจากการบัดกรี)

ขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอป้ายไฟเซียร์ ที่สร้างขึ้น โดยนำเสนอแนวคิดในการสร้าง เหตุผลในการเลือกใช้วัสดุ รวมทั้งผลการทดสอบและปรับปรุง

จักรกฤต ภูซังค์ประเวศ (2566: 5) ได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นการจัดการเรียนรู้ มีการนำเนื้อหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์กายภาพมาออกแบบกิจกรรมโดยบูรณาการกับเนื้อหาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในรูปแบบสหวิทยาการ (interdisciplinary) โดยมีรายละเอียดลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 7 ขั้นตอนดังตาราง 4

ตาราง 4 รายละเอียดของลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอน	กระบวนการ		ลักษณะกิจกรรม
	ออกแบบ	ระยะเวลา (นาที)	
1	ขั้นตั้งคำถาม	10	1. สังเกตและวิเคราะห์สภาพปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ 2. อภิปรายเพื่อระบุขอบเขตของปัญหา และข้อจำกัดในการแก้ปัญหา
2	ขั้นวิจัยปัญหา	50	1. ศึกษาวิธีแก้ปัญหาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย 2. อภิปรายและจดบันทึกข้อมูลจากการศึกษา
3	ขั้นจินตนาการ	20	1. ระดมสมองเพื่อหาแนวคิดชิ้นงานที่ใช้แก้ปัญหาให้มีความหลากหลาย
4	ขั้นวางแผน	20	1. อภิปรายเพื่อเลือกใช้แนวคิดชิ้นงานที่ดีที่สุดโดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือก 2. อภิปรายเพื่อออกแบบโครงร่างชิ้นงานโดยระบุวัสดุ อุปกรณ์และภาพร่าง
5	ขั้นสร้าง	70	1. ร่วมกันเตรียมอุปกรณ์และลงมือสร้างต้นแบบชิ้นงาน
6	ขั้นทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ	30	1. อภิปรายเพื่อออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงาน 2. เก็บรวบรวมข้อมูลและสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพ
7	ขั้นปรับปรุง	50	1. นำเสนอผลการแก้ปัญหา 2. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของตนเอง

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยพบว่า มีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านได้ออกแบบไว้หลากหลายรูปแบบ โดยครูผู้สอนสามารถใช้ได้ตามบริบทและความเหมาะสมกับนักเรียน ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและจัดทำแผนจัดการเรียนรู้ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยดัดแปลงมาจากแผนจัดการเรียนรู้เรื่อง วงจรอิเล็กทรอนิกส์

ของ ศิริพร เครือทอง และ ญัฐกาญจน์ ลีสุขสาม (2563) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของปรานวดี อุณญาติ (2564) มาปรับใช้ในการออกแบบเครื่องมือแผนจัดการเรียนรู้

ระบบสมองกลฝังตัว

1. นิยามความหมายของระบบสมองกลฝังตัว

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับนิยามความหมายของระบบสมองกลฝังตัวหรือระบบฝังตัวหรือบอร์ดสมองกลฝังตัว (Embedded Board) หรืออาจเรียกตามชนิด การทำงาน การใช้งาน หรือชื่อของระบบแผงวงจรตามที่ผู้ผลิตหรือหน่วยงานกำหนด เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) บอร์ดอาดูโน่ (Arduino) บอร์ดอีเอสพีสามสอง (ESP32) เป็นต้น ในงานวิจัยนี้จะศึกษาบอร์ดที่สามารถใช้งานโดยการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีพลัสพลัส (C++) และสามารถเชื่อมต่อเซนเซอร์และอุปกรณ์พื้นฐานเพื่อใช้ในการเรียนการสอนควบคู่ไปกับการใช้งานโปรแกรมออกแบบทิงเกอร์แคด (Tinkercad) และการเขียนโปรแกรมภาษาซีพลัสพลัสด้วยอาดูโน่ไอดีอี (Aduino IDE) ซึ่งมีหน่วยงานองค์กรและนักวิชาการได้เสนอความหมายและกล่าวถึงระบบสมองกลฝังตัวหรือระบบฝังตัวไว้ ดังนี้

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564) ได้กล่าวว่าระบบสมองกลฝังตัวเป็นเทคโนโลยีพื้นฐานที่มีการพัฒนาต่อยอดเป็นเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งทุกอย่างซึ่งเป็นกลุ่มเทคโนโลยีในยุคศตวรรษที่ 21 และเป็นกลุ่มเทคโนโลยีที่นำไปสู่การพัฒนาแบบก้าวกระโดดซึ่งอยู่ในแนวทางการพัฒนาตามยุทธศาสตร์การพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรมของประเทศไทย และสุพิชฌาย์ ศรีโคตร (2559: 131) ได้กล่าวถึงการนำระบบสมองกลฝังตัวมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้แบบโครงงานโดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานและควบคุมสั่งการในการทำโครงงานด้านคอมพิวเตอร์ เช่น หุ่นยนต์ เครื่องตรวจจับสภาพอากาศ โปรแกรมปิดเปิดไฟสัญญาณจราจร อุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างเป็นระบบ การทำงานร่วมกันเป็นทีมและนักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวสู่โครงงานที่มีความเหมาะสม ทันสมัยและมีความคิดสร้างสรรค์

สุพิชฌาย์ ศรีโคตร (2559: 3) ได้กล่าวว่า ระบบสมองกลฝังตัวเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีในยุคศตวรรษที่ 21 ถือเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้แบบโครงงานโดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานและควบคุมสั่งการในการทำโครงงานด้านคอมพิวเตอร์ เช่น หุ่นยนต์ เครื่องตรวจจับสภาพอากาศ โปรแกรมปิดเปิดไฟสัญญาณจราจร อุปกรณ์อัจฉริยะต่างๆ ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างเป็นระบบ การทำงานร่วมกัน

เป็นทีมและนักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวสู่โครงงานที่มีความเหมาะสม ทันสมัย และมีความคิดสร้างสรรค์

Yongyut Srisuban (2019) ได้กล่าวว่า ระบบฝังตัว หรือ สมองกลฝังตัว (Embedded System) คือระบบประมวลผล ที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ฝังไว้ในอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เพื่อเพิ่มความฉลาด ความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป

Fmuser (2021) ซึ่งเป็นเว็บไซต์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศได้ให้ข้อมูลไว้ว่าระบบสมองกลฝังตัวคือระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีซอฟต์แวร์และฝังอยู่ในฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ ตั้งโปรแกรมได้หรือตั้งโปรแกรมไม่ได้ขึ้นอยู่กับแอปพลิเคชัน ระบบสมองกลฝังตัวถูกกำหนดให้เป็นวิธีการทำงาน จัดระเบียบการทำงานเดียวหรือหลายงานตามกฎชุดหนึ่ง ในระบบฝังตัว ทุกหน่วยจะประกอบและทำงานร่วมกันตามโปรแกรม

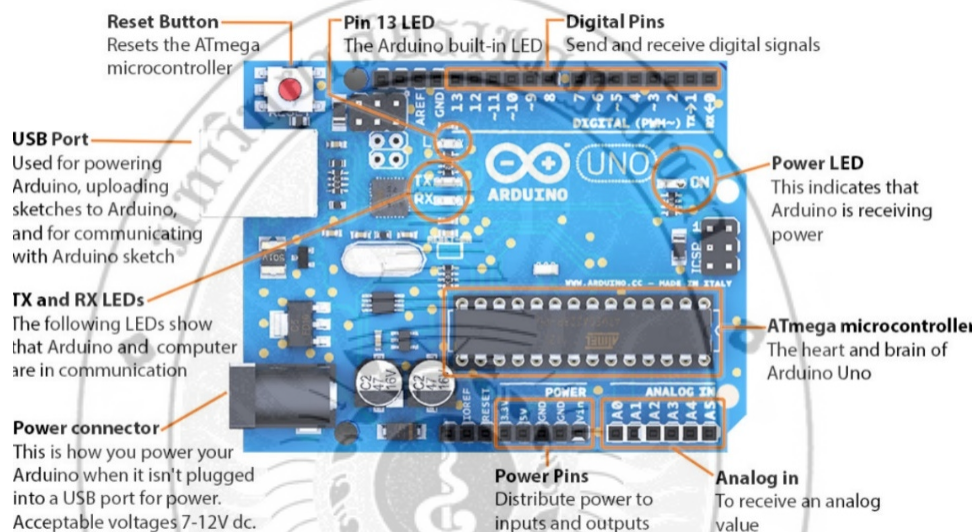
จากการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือระบบประมวลผลที่ประกอบด้วยชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะมีกระบวนการทำงานเหมือนระบบคอมพิวเตอร์ที่ฝังไว้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้ชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ ในการควบคุมการทำงานของหน่วยรับข้อมูล (Input Unit) หน่วยประมวลผล (Process Unit) และหน่วยแสดงผล (Output Unit) สามารถติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับหรือเซนเซอร์ (Sensor) และเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้สอดคล้องกับการออกแบบและการนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์

2. บอร์ดสมองกลฝังตัว Arduino

บอร์ด Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สามารถอ่านอินพุตจากตัวตรวจจับแสง ใช้ นิวกดบนปุ่ม หรือส่งข้อความไปยัง Twitter และเปลี่ยนเป็นเอาต์พุตเปิดใช้งานมอเตอร์ เปิดไฟ LED หรือเผยแพร่ข้อมูลไปยังระบบอินเทอร์เน็ตได้อีกด้วย ซึ่งผู้ใช้งานสามารถควบคุมบอร์ดว่าต้องทำอะไร โดยส่งชุดคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ด โดยภาษา Arduino ซึ่งมีคำสั่งเพิ่มขึ้นมาเพื่อเขียนในรูปแบบภาษา C++ และใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE เป็นหลักในการประมวลผล

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา Arduino เป็นส่วนหลักของโครงการมากมาย ตั้งแต่วัตถุประสงค์ประจำวันไปจนถึงเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน ชุมชนออนไลน์ ของ Maker ทั่วโลก ซึ่งมี นักเรียน นักศึกษา ผู้ชอบทำงานอดิเรก ศิลปิน นักเขียนโปรแกรมและผู้เชี่ยวชาญ ได้รวมตัวกันใช้งานสำหรับแพลตฟอร์มแบบเปิดนี้ การมีส่วนร่วมของพวกเขาได้เพิ่มความรู้ที่เข้าถึงได้อย่างเหลือเชื่อซึ่งสามารถเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับมือใหม่และผู้เชี่ยวชาญ

Arduino มีจุดกำเนิดเริ่มต้นขึ้นที่สถาบันการออกแบบปฏิสัมพันธ์ Ivrea ประเทศอิตาลี ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ง่ายสำหรับการสร้างต้นแบบที่รวดเร็วมุ่งเป้าไปที่นักเรียนที่ไม่มีพื้นฐานด้านอิเล็กทรอนิกส์และการเขียนโปรแกรม แต่ก็มีผู้ใช้หลายคนพยายามนำ Arduino ไปใช้ในระบบงานจริง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัญหาและความยากง่ายของงานนั้น ๆ Arduino เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อปรับให้เข้ากับความต้องการและความท้าทายใหม่ ๆ จากบอร์ด 8 บิตแบบง่าย ๆ กับผลิตภัณฑ์สำหรับแอปพลิเคชันสำหรับ IoT อุปกรณ์สวมใส่ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ และสภาพแวดล้อมแบบฝังตัว โดยมีส่วนประกอบดังภาพ



ภาพ 9 ส่วนประกอบของบอร์ดสมองกลฝังตัว Arduino

ที่มา: <https://arduinooint.com>

การใช้งานบอร์ด Arduino ในปัจจุบัน เป็นระบบเปิดที่สมบูรณ์ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างได้อย่างอิสระและปรับให้เข้ากับความต้องการเฉพาะของพวกเขา ซอฟต์แวร์ก็เป็นระบบเปิดและมีการเติบโตผ่านการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ทั่วโลก โดยเว็บไซต์หลักที่สามารถศึกษาและหาข้อมูล (มานิชญ์ แสงศิริ, 2562)

จากการศึกษาบอร์ดสมองกลฝังตัว Arduino ผู้วิจัยสรุปได้ว่าเป็นเทคโนโลยีสมองกลที่ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานที่ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับการนำมาใช้เพื่อจัดการเรียนรู้ มีกลุ่มผู้ใช้และผู้พัฒนาที่หลากหลาย และเป็นฮาร์ดแวร์แบบเปิด (Open Hardware) ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้านโดยไม่ติดปัญหาด้านลิขสิทธิ์ทางปัญญา ราคาไม่แพง สามารถพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ (OS : Operation System) ได้หลากหลาย และมีแหล่งความรู้ให้นักเรียนหลายช่องทาง โดยเฉพาะการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (E-learning) ในรูปแบบการ

เรียนบนฐานเว็บ (Web-based learning) ซึ่งเป็นการเรียนรู้บนฐานเทคโนโลยี (Technology-based learning) ที่จะช่วยส่งเสริมทักษะด้านเทคโนโลยี ทักษะการคิดเชิงคำนวณและความสามารถในการเป็นนวัตกรรม

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

จากการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อผ่านการกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องการใช้งานระบบสมองกลฝังตัวหรือสามารถแก้ไขได้ด้วยระบบสมองกลฝังตัว เพื่อให้นักเรียนร่วมกันคิดวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทาง วางแผน ลงมือปฏิบัติ ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหา โดยอาศัยทักษะและความรู้ด้านการเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์และระบบสมองกลฝังตัว นำเสนอโดยการออกแบบอัลกอริทึม การบอกขั้นตอนการเขียนผังงาน การวาดแบบร่างหรือเขียนโปรแกรมและเชื่อมต่อวงจร โดยมี 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Problem Identification)

ครูให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการใช้งานระบบสมองกลฝังตัวหรือปัญหาที่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องระบบสมองกลฝังตัวในการระบุแนวทางการแก้ไขได้ เพื่อให้นักเรียนระบุปัญหาและแยกย่อยปัญหา หาข้อจำกัดและเงื่อนไขที่พบเพื่อหาวิธีการและแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

ครูให้นักเรียนรวบรวมแนวคิดและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา ความหมายและการใช้งานระบบสมองกลฝังตัว การเขียนผังงาน การเขียนโปรแกรม เซนเซอร์ ตัวต้านทาน การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์และสัญลักษณ์ในการวาดภาพร่างและการเขียนวงจร แล้วจัดทำเป็นสารสนเทศในกลุ่มเพื่อพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้และข้อจำกัดในสถานการณ์

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้รวบรวมมาออกแบบวิธีการหรือชิ้นงานโดยการระบุขั้นตอนเขียนอัลกอริทึม เขียนผังงาน วาดแบบร่างหรืออธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

นักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอน หลังจากนั้นลงมือสร้างชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหา ด้วยการเขียนอัลกอริทึม เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ เลือกใช้เซนเซอร์ เชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เขียนโปรแกรม หรือวาดแบบร่าง อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับรูปแบบของปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงาน

(Testing, Evaluation and Design Improvement)

ครูให้นักเรียนทดสอบและประเมินชิ้นงานหรือวิธีการที่ดำเนินการสร้างว่าประสบความสำเร็จหรือไม่ หากไม่สามารถแก้ปัญหานำไปปรับปรุงชิ้นงานหรือวิธีการจนได้ชิ้นงาน วิธีการ แบบร่าง วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือโปรแกรมที่สมบูรณ์

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

นักเรียนนำเสนอชิ้นงาน วิธีการ โปรแกรม วงจรของระบบหรือแบบร่างที่สร้างขึ้นโดยแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การพัฒนาในครั้งต่อไป

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ

1. นิยามความหมายของทักษะการคิดเชิงคำนวณ

คำว่า “ทักษะการคิดเชิงคำนวณ” (Computational Skills) เป็นคำประสมที่ประกอบด้วยคำ 2 คำ คือ ทักษะ (Skills) และการคิดคำนวณ (Computation) ผู้วิจัยได้ศึกษาหมายของคำว่า “ทักษะปฏิบัติ” ซึ่งจะสอดคล้องกับวิธีจัดการเรียนการสอนและการประเมินผล และใช้คำว่า “การคิดเชิงคำนวณ” “แนวคิดเชิงคำนวณ” และ “วิทยาการคำนวณ” เป็นคำสำคัญในการศึกษานิยามความหมาย ผู้วิจัยได้รวบรวมความหมายที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์ จากผู้เชี่ยวชาญ งานวิจัย และข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ โดยมีผู้ให้ความหมายของทักษะการคิดเชิงคำนวณไว้ ดังนี้

Gagne (1970: 3) ได้ให้ความหมายของการปฏิบัติ (Performance) ว่าการปฏิบัติของทักษะปฏิบัติจะถูกสะท้อนออกมาในการกระทำของการเคลื่อนไหวร่างกายที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของกล้ามเนื้อ การกระทำที่สังเกตได้จะถูกทำให้เป็นมาตรฐานในรูปของความรวดเร็วความแม่นยำ ความแรง หรือความราบรื่นในการจัดการ

Simpson (1972: 2) ได้กล่าวว่า ทักษะเป็นเรื่องเกี่ยวกับการพัฒนาทางร่างกายของนักเรียน ซึ่งเป็นความสามารถในการประสานการทำงานของกล้ามเนื้อและร่างกาย ในการทำงานที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อหลาย ๆ ส่วน การทำงานดังกล่าวเกิดขึ้นจากการสั่งงานของสมอง จะต้องมีการสัมพันธ์กับความรู้สึที่เกิดขึ้น ทักษะปฏิบัตินี้สามารถพัฒนาได้ด้วยวิธีการฝึกฝน หรือถ้าหากได้รับการฝึกที่ดีแล้ว จะเกิดความถูกต้อง ความคล่องแคล่ว

ความเชี่ยวชาญ และความคงทน ผลของพฤติกรรมหรือการกระทำสามารถสังเกตได้จากความรวดเร็ว ความแม่นยำ ความแรงหรือความราบรื่นในการปฏิบัติงาน

Barefoot (2014) นำเสนอว่า การคิดเชิงคำนวณ เป็นวิธีการคิดที่ช่วยให้มนุษย์สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาจใช้คอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือช่วยแก้ปัญหาหรือไม่ก็ได้

Angevine (2017) ได้กล่าวไว้ว่า Computational Thinking เป็นวิธีการแก้ปัญหาการออกแบบระบบและความเข้าใจพฤติกรรมมนุษย์ที่ใช้แนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ คอมพิวเตอร์ที่เป็นทักษะขั้นพื้นฐานสำหรับทุกคนไม่ใช่เฉพาะนักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์เท่านั้น

McKenna (2017) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณ คือ ทักษะกระบวนการที่นักเรียนค้นหาและพิจารณาปัญหา จัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อปรับปรุงแก้ไข

Code Genius (2022) ได้กล่าวว่าวิทยาการคำนวณ (computing science) หรือการสอนที่ใช้รูปแบบแนวคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) คือ การสอนที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาในหลากหลายลักษณะ เช่น การจัดลำดับเชิงตรรกศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูล โค้ดดิ้ง และการสร้างสรรค์วิธีแก้ปัญหาไปทีละขั้นทีละตอน (Algorithms) รวมทั้งการย่อยปัญหาที่ช่วยให้รับมือกับปัญหาที่ซับซ้อนหรือมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังรวมถึงการบูรณาการแนวคิดหรือทักษะแนวคิดเชิงคำนวณกับสาขาวิชาต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กล่าวถึง แนวคิดเชิงคำนวณ (Computational thinking) เป็นกระบวนการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อให้ได้แนวทางการหาคำตอบอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่สามารถนำไปปฏิบัติได้โดยบุคคลหรือคอมพิวเตอร์อย่างถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งเรียกว่า “อัลกอริทึม” ทักษะการใช้แนวคิดเชิงคำนวณจึงสำคัญต่อการแก้ปัญหา ช่วยให้สามารถสื่อสารแนวคิดกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงช่วยพัฒนาพื้นฐานในเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วย

อภิชาติ อนุกุลเวช (2551) ได้ให้ความหมายของทักษะปฏิบัติ คือ ความสามารถความชำนาญของกล้ามเนื้อ ที่กระทำออกมาอย่างถูกต้อง คล่องแคล่วและรวดเร็ว ที่ต้องอาศัยการฝึกหัดอย่างเหมาะสม จึงจะทำให้เกิดความชำนาญในการปฏิบัติงาน

ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล (2563: 4) ได้นำเสนอไว้ว่าแนวคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) เป็นกระบวนการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อให้ได้แนวทางหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอนที่สามารถนำไปปฏิบัติได้โดยบุคคลหรือคอมพิวเตอร์อย่างถูกต้อง

ยูการ์ตัน พิชิตสิงห์ (2564: 3) ได้กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นกระบวนการคิดวิเคราะห์ปัญหา เพื่อให้ได้แนวทางการหาคำตอบอย่างเป็นลำดับขั้นตอน หรือการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบเป็นลำดับขั้นตอนสามารถนำไปปฏิบัติได้โดยบุคคลหรือคอมพิวเตอร์อย่างถูกต้องและแม่นยำ

ผู้วิจัยสรุปได้ว่าทักษะการคิดเชิงคำนวณ เป็นกระบวนการคิดวิเคราะห์ปัญหาหรือความต้องการอย่างเป็นขั้นตอนโดยอาศัยแนวคิดและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ประกอบการออกแบบขั้นตอนการแก้ปัญหาและการดำเนินการที่สามารถนำไปปฏิบัติได้โดยบุคคลหรือคอมพิวเตอร์

2. องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ

ผู้เชี่ยวชาญและนักวิชาการในหน่วยงานต่าง ๆ ได้อธิบายองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณไว้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

Rodriguez (2015: 72) ได้ออกแบบการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาการคอมพิวเตอร์แบบ unplugged (Computer Science Unplugged) โดยได้แบ่งองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณไว้ 5 องค์ประกอบ ได้แก่

- 1) การแทนค่าข้อมูล (Data Representation)
- 2) การแยกส่วนย่อย (Decomposition)
- 3) การหารูปแบบ (Pattern Recognition)
- 4) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)
- 5) การคิดขั้นตอนวิธี (Algorithmic Thinking)

Barefoot (2014) แห่งประเทศอังกฤษได้เสนอว่า การคิดเชิงคำนวณ (Computational thinking) มี 6 องค์ประกอบดังนี้

- 1) ตรรกะ (Logic) คือ ความสามารถในการใช้ความรู้เชิงเหตุผล
- 2) ขั้นตอนวิธี (Algorithms) คือ ความสามารถในการออกแบบชุดคำสั่งหรือลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาในการทำงาน

3) การแยกส่วนย่อยหรือส่วนประกอบของปัญหา (Decomposition) คือความสามารถในการแยกปัญหาหรือระบบออกเป็นส่วน ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการกับปัญหา

4) รูปแบบ (Pattern) คือ ความสามารถในการหารูปแบบของวิธีแก้ปัญหา เพื่อคาดการณ์คำตอบ

5) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) คือ ความสามารถในการระบุสิ่งที่เป็นส่วนสำคัญหรือรูปแบบทั่วไปของปัญหา โดยไม่สนใจรายละเอียดที่ไม่จำเป็น

6) การประเมินผล (Evaluation) คือ ความสามารถในการตัดสินประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา

Code.org (2015) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา มีเป้าหมายที่จะนำความรู้วิทยาการทางคอมพิวเตอร์เข้าไปในการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยได้แบ่งองค์ประกอบที่สำคัญของการคิดเชิงคำนวณไว้ดังนี้

1) การแยกส่วนย่อยปัญหา (Decompose) คือ ความสามารถในการแยกปัญหาออกเป็น ส่วนย่อย

2) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) คือ ความสามารถในการดึงลักษณะเฉพาะของปัญหา ออกและพิจารณาทั่วไปของการแก้ปัญหา เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในหลากหลายปัญหา

3) ความสัมพันธ์ของรูปแบบ (Pattern Matching) คือ ความสามารถในการสังเกตและค้นหา ความเหมือนของสิ่งต่าง ๆ

4) ขั้นตอนวิธี (Algorithm) คือ ความสามารถในการสร้างชุดขั้นตอนที่ทำให้บรรลุงานหรือ ปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2563) ได้กล่าวถึง การคิดเชิงคำนวณ (computational thinking) ว่าเป็นความสามารถพื้นฐานของการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน และได้กำหนดองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณไว้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1) การแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition) การระบุปัญหา แยกย่อยปัญหาออกเป็นส่วนเล็ก ๆ เพื่อให้ความซับซ้อนของปัญหาลดลง ส่งผลให้สามารถระบุปัญหาได้อย่างชัดเจน

2) การคิดพิจารณารูปแบบ (Pattern Recognition) เป็นการหารูปแบบของปัญหาหรือ ลักษณะที่เหมือนกันของปัญหาเล็ก ๆ ที่แตกย่อยออกมา เพื่อสร้างความเข้าใจและออกแบบวิธีการ แก้ปัญหาจากสถานการณ์

3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) การแยกแยะรายละเอียดที่สำคัญและจำเป็นต่อการ แก้ปัญหาออกจากรายละเอียดที่ไม่จำเป็น ซึ่งรวมไปถึงการแทนกลุ่มของปัญหา ขั้นตอนหรือ กระบวนการที่มีรายละเอียดปลีกย่อยหลายขั้นตอนด้วยขั้นตอนใหม่เพียงขั้นตอนเดียว โดยอาศัยการ ใช้รูปแบบ แผนภาพ หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ

4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) เป็นการพัฒนาระบบการหาคำตอบให้ เป็นขั้นตอนที่สามารถนำไปเป็นแนวทางแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนได้จากการศึกษาข้อมูลและ รวบรวมข้อมูลกล่าวโดยสรุปได้ว่า การคิดเชิงคำนวณ เป็นความสามารถในการคิดแก้ปัญหาขั้นสูง

ผู้วิจัยได้ใช้องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2563) เนื่องจากองค์ประกอบมีความสอดคล้องกับปัญหาของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และนักเรียนได้เรียนเนื้อหาในรายวิชาวิทยาการคำนวณมาแล้ว ซึ่งมีองค์ประกอบย่อยอยู่ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1) การแบ่งย่อยปัญหา (Decomposition) การระบุปัญหา แยกย่อยปัญหาออกเป็นส่วนเล็ก ๆ เพื่อทำให้ความซับซ้อนของปัญหาลดลง ส่งผลให้สามารถระบุปัญหาได้อย่างชัดเจน

2) การคิดพิจารณารูปแบบ (Pattern Recognition) เป็นการหารูปแบบของปัญหาหรือลักษณะที่เหมือนกันของปัญหาเล็กๆ ที่แตกย่อยออกมา เพื่อสร้างความเข้าใจและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์

3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) การแยกแยะรายละเอียดที่สำคัญและจำเป็นต่อการแก้ปัญหาออกจากรายละเอียดที่ไม่จำเป็น ซึ่งรวมไปถึงการแทนกลุ่มของปัญหา ขั้นตอนหรือกระบวนการที่มีรายละเอียดปลีกย่อยหลายขั้นตอนด้วยขั้นตอนใหม่เพียงขั้นตอนเดียว โดยอาศัยการใช้รูปแบบ แผนภาพ หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ

4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) เป็นการพัฒนากะบวนการหาคำตอบให้เป็นขั้นตอนที่สามารถนำไปเป็นแนวทางแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

3. การวัดและประเมินผลทักษะการคิดเชิงคำนวณ

นักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงานต่าง ๆ ได้ออกแบบการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคำนวณไว้ ดังนี้

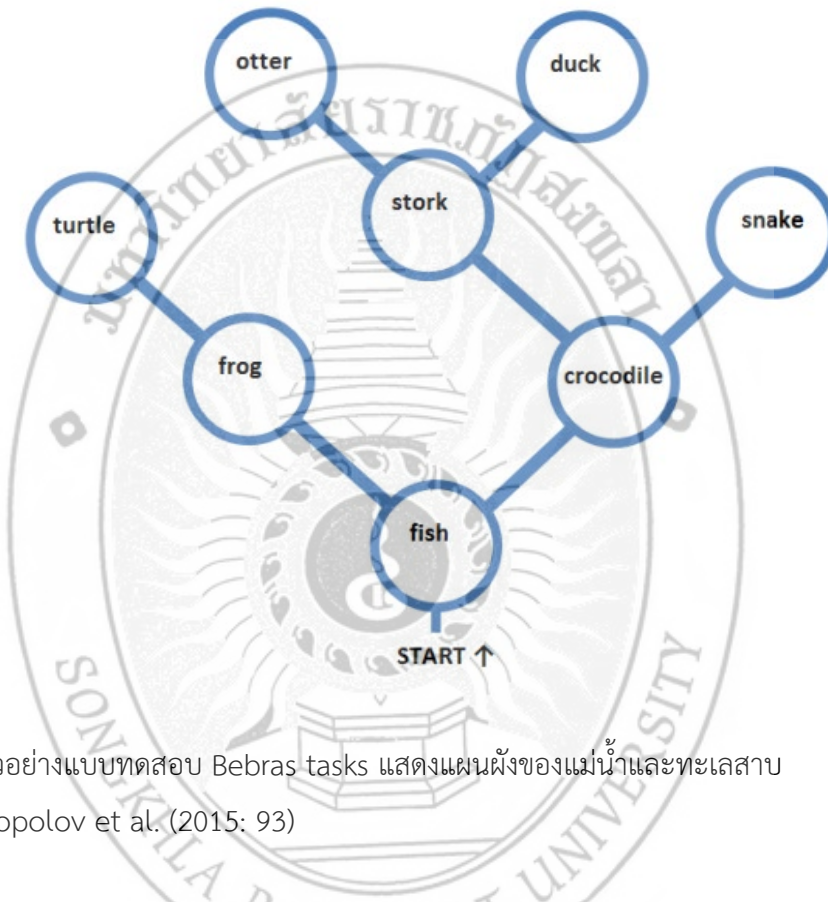
Dolgoplov as et al. (2015: 92) ได้กล่าวถึง แบบทดสอบ Bebras tasks ว่าเป็นหนึ่งในเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณรูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choices) โดยแบบทดสอบวัดแต่ละหัวข้อถูกสังเคราะห์มาเพื่อวัดบางองค์ประกอบหรือทุก

องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (Components of Computational Thinking) ที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา ตัวอย่างแบบทดสอบหัวข้อ Beaver in his canoe ใน Bebras tasks ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

สถานการณ์ : บีเวอร์ตัวหนึ่งกำลังพายเรือแคนูอยู่ในแม่น้ำซึ่งประกอบไปด้วยทะเลสาบเล็ก ๆ ที่ถูกเชื่อมต่อกันด้วยแม่น้ำแสดงดังรูป บีเวอร์ชอบทุกทะเลสาบและต้องคิดขั้นตอนวิธีในการไปถึงทุกทะเลสาบ มันรู้ว่าแต่ละทะเลสาบมีแม่น้ำมากที่สุดได้เพียงสามสายที่เชื่อมต่อทะเลสาบอยู่ เมื่อบีเวอร์เริ่มพายเรือมาถึงทะเลสาบแต่ละแห่งและต้องการพายเรือไปต่อ มันจะต้องตัดสินใจตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- 1) ถ้ามีแม่น้ำสองสายที่มันยังไม่เคยไป มันจะพายเรือไปตามแม่น้ำที่อยู่ด้านซ้ายมือ
- 2) ถ้ามีแม่น้ำเพียงแคสายเดียวที่มันยังไม่เคยไป มันจะพายเรือไปตามแม่น้ำสายนั้น

3) ถ้าบีเวอร์เคยพายเรือผ่านแม่น้ำทุกสายที่อยู่รอบทะเลสาบแล้ว มันจะพายเรือจากทะเลสาบที่มันอยู่ไปยังทะเลสาบก่อนหน้าที่มันเคยอยู่บีเวอร์จะหยุดการพายเรือแค่นั้น ถ้ามันพบทุกอย่างที่มันต้องการและพายเรือกลับมายังจุดเริ่มต้น โดยในแต่ละทะเลสาบบีเวอร์จะพบกับสัตว์แต่ละชนิดที่แตกต่างกันแสดงดังรูปภาพ และบีเวอร์จะเขียนบันทึกชื่อสัตว์แต่ละชนิดที่เจอในครั้งแรกตลอดเส้นทางจนกว่าจะไปถึงครบทุกทะเลสาบ



ภาพ 10 ตัวอย่างแบบทดสอบ Bebras tasks แสดงแผนผังของแม่น้ำและทะเลสาบ
ที่มา: Dolgoplov et al. (2015: 93)

คำถาม : ข้อใดเป็นลำดับสัตว์ที่บีเวอร์จะเขียนบันทึกลงไปในการเดินทางครั้งนี้

- ปลา กบ จระเข้ เต่า นกกระสา งู นาก เป็ด
- ปลา จระเข้ งู นกกระสา เป็ด นาก กบ เต่า
- ปลา กบ เต่า จระเข้ นกกระสา นาก เป็ด งู
- ปลา กบ เต่า

สำหรับคำตอบที่ถูกต้องคือ ตัวเลือก c. ปลา กบ เต่า จระเข้ นกกระสา นาก เป็ด งู และสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาในตัวอย่างดังกล่าวได้ดังนี้

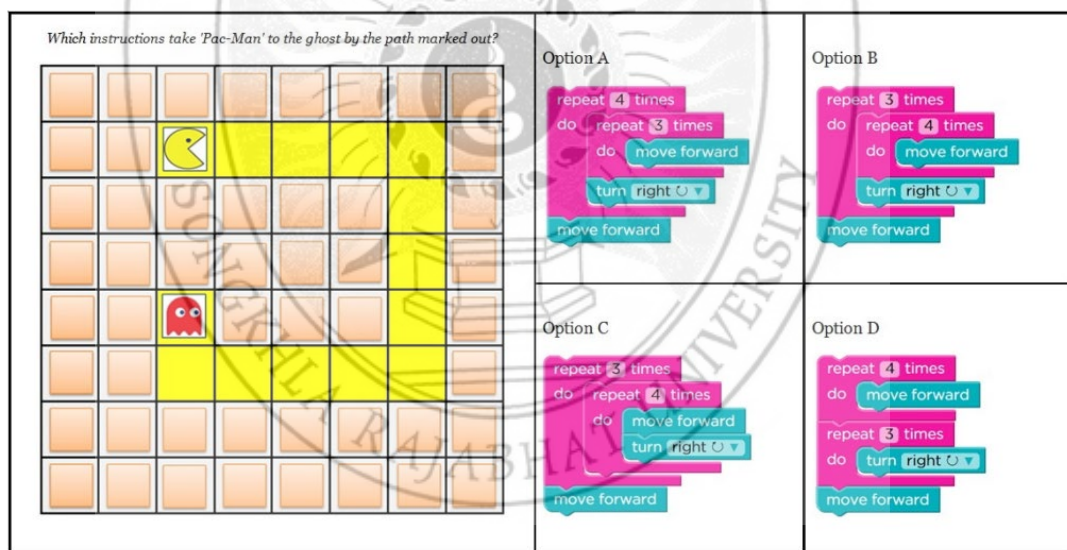
1. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เข้าใจรูปแบบของระบบจริง (Real Objects) สำหรับตัวอย่าง ได้แก่ การใช้โครงสร้างต้นไม้ทวิภาค (Binary Tree) แทนลักษณะของทะเลสาบและแม่น้ำ

2. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) ตรวจสอบเงื่อนไขแต่ละข้อ และนำไปใช้แก้ปัญหาตามโครงสร้างต้นไม้แต่ละส่วน ยุการ์ธน์ พิษสิงห์ (อ้างถึงใน Dolgopolov et al., 2015)

3. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) สำหรับตัวอย่างดังกล่าวไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างหรือพัฒนาขั้นตอนวิธี แต่การระบุคำตอบได้ถูกต้อง แสดงให้เห็นถึงการเข้าใจและมีการวางลำดับขั้นตอนวิธีในการบรรลงานหรือแก้ไขปัญหา

Brackmann et al. (2017: 45) ได้ออกแบบเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยสร้างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณรูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choice) ซึ่งในแบบทดสอบแต่ละข้อสามารถวิเคราะห์การวัดองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

คำถาม : ชุดคำสั่งใดที่สามารถนำแฟ้มแมนไปสุ้ได้ตามเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้



ภาพ 11 ตัวอย่างคำถามจากแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของ Brackmann

ที่มา: Brackmann et al. (2017: 45)

จากภาพ 11 คำตอบที่ถูกต้องคือ ตัวเลือก B และสามารถวิเคราะห์ห้องค์ประกอบย่อยของ
ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

1. การแยกส่วนประกอบและการย่อปัญหา (Decomposition) วิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่และแบ่งช่องการเคลื่อนที่แต่ละก้าวของแพ็คแมนไปสู่การกินผี
2. การหารูปแบบ (Pattern Recognition) หารูปแบบการเคลื่อนที่ของแพ็คแมนภายในเส้นทางที่กำหนดได้ (เดินหน้า 4 ครั้ง และเลี้ยวขวา 1 ครั้ง)
3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) มุ่งความสนใจไปที่ลักษณะการแก้ปัญหา กล่าวคือสนใจเฉพาะเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้เท่านั้น เพื่อนำไปสู่ชุดคำสั่งของเส้นทางดังกล่าว
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) พิจารณาขั้นตอนวิธีที่สามารถทำให้แพ็คแมนเดินทางไปถึงผีได้

Rodriguez (2015: 38) ได้ทำการศึกษาการประเมินการคิดเชิงคำนวณในกิจกรรมแบบอันปลั๊กในวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์โดยได้ออกแบบเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยสร้างเครื่องมือวัดแบบการสอบข้อเขียน ประเภทอัตนัย และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Scoring) ตัวอย่างแบบทดสอบการหาเลขฐานสอง กำหนดให้แต่ละจุดแทนข้อมูลและให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้



ภาพ 12 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ที่มา: Rodriguez (2015: 45)

ข้อคำถามที่ 1 ลำดับของเลขฐานสอง 00001 00010 00011 00100 _____

แล้วจำนวนถัดไปมีค่าเท่าใด

ข้อคำถามที่ 2 จงแปลงค่าเลขฐานสองของ 01011 ให้เป็นเลขฐานสิบ

ข้อคำถามที่ 3 จงแปลงค่า 20 ให้อยู่ในรูปของเลขฐานสอง

ข้อคำถามที่ 4 จำนวนที่มากที่สุดในการใช้การ์ด 5 ใบที่กำหนดให้มีค่าเท่าใด

ข้อคำถามที่ 5 ในการหยิบการ์ด 3 ใบที่กำหนดให้ จำนวนตัวเลขที่มากที่สุดมีค่าเท่าใด

ข้อคำถามที่ 6 ต้องใช้การ์ดกี่ใบในการหาเลข 63

ซึ่งแบบทดสอบนี้ออกแบบเพื่อวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) และการหารูปแบบ (Pattern Recognition) ซึ่งได้ออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อคำถามเป็นช่วง จำนวน 4 ช่วง ตั้งแต่ 0-3 คะแนน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อคำถามจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานการณ์ปัญหาของแต่ละข้อคำถามโดยเฉพาะ รายละเอียดดังตาราง 5

ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบเลขฐานสอง

คำถาม	เกณฑ์คะแนน		
	1	2	3
ข้อที่ 1	นักเรียนไม่สามารถระบุคำตอบที่เป็นเลขฐานสองได้และไม่สามารถระบุรูปแบบของตัวเลขได้	นักเรียนสามารถระบุคำตอบที่เป็นเลขฐานสองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่สามารถระบุรูปแบบของตัวเลขได้	นักเรียน สามารถระบุคำตอบที่เป็นเลขฐานสองได้อย่างถูกต้อง นั่นคือตอบ 00101 และสามารถระบุรูปแบบของตัวเลขได้
ข้อที่ 2	นักเรียนไม่สามารถแปลงจากเลขฐานสอง เป็นเลขฐานสิบ และหาคำตอบไม่ถูกต้องนักเรียนสามารถแปลงจากเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบ แต่คำตอบไม่ถูกต้อง	นักเรียนสามารถแปลงจากเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบแต่คำตอบไม่ถูกต้อง	นักเรียนแปลงเลขฐานจากเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบและคำตอบได้ อย่างถูกต้อง นั่นคือ ตอบ 11
ข้อที่ 3	นักเรียนไม่สามารถแปลงเลขที่กำหนดให้ได้ หรือคาดเดาคำตอบโดยการสลับตัวเลขและไม่สามารถ อธิบายเหตุผลในการหา คำตอบได้	นักเรียนสามารถแปลงตัว เลขที่กำหนดให้เป็นเลขฐานสองได้แต่ไม่ถูกต้อง และสามารถอธิบายเหตุผลในการหาคำตอบได้	นักเรียนสามารถแปลงตัวเลขที่กำหนดให้เป็นเลขฐานสองได้อย่างถูกต้อง นั่นคือตอบ 10100

ตาราง 5 (ต่อ)

คำถาม	เกณฑ์คะแนน		
	1	2	3
ข้อที่ 4	นักเรียนไม่สามารถหาคำตอบได้หรือให้คำตอบ โดยไม่มีเหตุผล	นักเรียนสามารถหาคำตอบได้แต่ไม่ถูกต้อง แต่มีเหตุผล	นักเรียนสามารถหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง นั่นคือ ตอบ 31
ข้อที่ 5	นักเรียนไม่สามารถหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง และ ไม่มีเหตุผล	นักเรียนสามารถหาคำตอบได้ แต่คำตอบไม่ถูกต้อง หรือตอบ 28	นักเรียนสามารถหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง นั่นคือ ตอบ 7
ข้อที่ 6	นักเรียนสามารถหาคำตอบได้แต่ไม่ถูกต้อง หรือตอบ 5 หรือน้อยกว่า หรือตอบ หมายเลขอื่นโดยไม่มีเหตุผล	นักเรียนสามารถหาคำตอบได้ แต่ไม่ถูกต้อง หรือตอบผิดเพียงแค่ 1 ใบหรือตอบ 7 ใบ	นักเรียนสามารถหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง นั่นคือ ตอบ 6

ยุภารัตน์ พิษสิงห์ (2564) ได้ออกแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยสร้างเครื่องมือวัดแบบการสอบข้อเขียน ประเภทอัตนัย และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Scoring) โดยมีวิธีการออกข้อสอบและกำหนดจุดมุ่งหมายหรือประเด็นที่ใช้ในการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของแต่ละองค์ประกอบ ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) โดยแบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การแบ่งย่อยปัญหา การคิดพิจารณา รูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบอัลกอริทึม รายละเอียดดังตาราง 6

ตาราง 6 การกำหนดประเด็นที่ใช้ในการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบ	จุดมุ่งหมายของการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ
1) การแบ่งย่อยปัญหา	1. วิเคราะห์ปัญหาออกเป็นส่วนย่อย 2. สามารถแก้ปัญหาส่วนย่อยได้
2) การคิดพิจารณารูปแบบ	1. ระบุนรูปแบบของการแก้ปัญหาที่มีความเหมือนหรือสอดคล้องกัน 2. ระบุนแนวโน้มคำตอบโดยสังเกตรูปแบบของระบบหรือวิธีการแก้ปัญหา

ตาราง 6 (ต่อ)

องค์ประกอบ	จุดมุ่งหมายของการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ
3) การคิดเชิงนามธรรม	1. เขียนแผนภาพ ตาราง สัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์หรือปัญหานามธรรม 2. ระบุส่วนสำคัญของปัญหา โดยคัดกรองสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกได้อย่างชัดเจน
4) การออกแบบขั้นตอนวิธี	1. ระบุหรือเรียบเรียงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา 2. สามารถออกแบบ สร้าง และเขียนขั้นตอนการหาคำตอบหรือการแก้ปัญหาได้

จากตาราง 6 ยุการ์ธน์ พิษสิทธิ์ (2564: 35) ได้นำมากำหนดประเด็นที่ต้องการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยวิเคราะห์เลือกประเด็นที่ใช้ในวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของแต่ละสถานการณ์รายละเอียดดังตาราง 7

ตาราง 7 ตารางกำหนดประเด็นที่ใช้ในการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของแบบทดสอบแต่ละสถานการณ์ปัญหา

สถานการณ์การคิดเชิงคำนวณ	ประเด็นที่ใช้ในการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของแต่ละองค์ประกอบ	จำนวนประเด็นที่ใช้ในการวัด	
		ทั้งหมด	เลือกใช้
1) การแบ่งย่อยปัญหา	1. วิเคราะห์และแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อย 2. สามารถแก้ปัญหาส่วนย่อยได้	2	1
2) การคิดพิจารณารูปแบบ	1. ระบุรูปแบบของการแก้ปัญหาที่มีความเหมือนหรือสอดคล้องกัน 2. ระบุแนวโน้มคำตอบโดยสังเกตรูปแบบของระบบหรือวิธีการแก้ปัญหา	2	1
3) การคิดเชิงนามธรรม	1. เขียนแผนภาพ ตาราง สัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์หรือปัญหานามธรรม 2. ระบุส่วนสำคัญของปัญหา โดยคัดกรองสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกได้อย่างชัดเจน	2	1
4) การออกแบบขั้นตอนวิธี	1. ระบุหรือเรียบเรียงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา 2. สามารถออกแบบ สร้าง และเขียนขั้นตอนการหาคำตอบหรือการแก้ปัญหาได้	2	1
รวม		8	4

จากนั้นยุภารัตน์ พิษสิงห์ (2564: 72) ได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้สถานการณ์ที่ครอบคลุมการใช้กระบวนการคิดและแนวคิดเชิงคำนวณทุกองค์ประกอบ เพื่อใช้วัดองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ โดยมีตัวอย่างการสร้างสถานการณ์ปัญหาเพื่อวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนดังสถานการณ์และตารางวิเคราะห์การสร้างสถานการณ์ดังตาราง 8

ตัวอย่างการสร้างสถานการณ์ปัญหาเพื่อวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ

บ้านของพฤษ์ต้องการทำบ่อน้ำพุโดยมีสวนหินล้อมรอบและมีสวนหญ้าล้อมรอบสวนหินอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะเป็นวงกลมสามวงซ้อนกัน โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันและมีรัศมีของวงกลมแต่ละวงเป็น 1, 4 และ 5 เมตรตามลำดับ ถ้าผู้รับเหมาจากร้านเจริญพันธุ์ไม่คิดค่าดำเนินการจัดสวนหินในราคาตารางเมตรละ 150 บาท และสวนหญ้าในราคาตารางเมตรละ 60 บาทพฤษ์จะต้องคำนวณเงินในดำเนินการจัดสวนอย่างไรเมื่อกำหนดค่า π มีค่าเท่ากับ 3.14

ตาราง 8 การสร้างสถานการณ์ปัญหาเพื่อวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ข้อคำถาม	องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ	จุดมุ่งหมายที่ใช้วัด
1. ถ้านักเรียนเป็นพฤษ์ นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ในการคำนวณค่าจัดสวนตามเงื่อนไขดังกล่าวได้อย่างไร	การแบ่งย่อยปัญหา	1. วิเคราะห์และแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อย
2. จงเขียนแผนภาพหรือรูปแบบจำลองในการทำบ่อน้ำพุโดยมีสวนหินล้อมรอบและมีสวนหญ้าล้อมรอบสวนหินที่พฤษ์ต้องการสร้าง พร้อมทั้งระบุรายละเอียดจุดศูนย์กลาง และรัศมีของวงกลมแต่ละวง	การคิดเชิงนามธรรม	1. เขียนแผนภาพตารางสัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์หรือปัญหา
3. จงเขียนแสดงขั้นตอนการคำนวณค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทำบ่อน้ำและจัดสวนอย่างเป็นลำดับขั้นตอน	การออกแบบขั้นตอนวิธี	1. ระบุหรือเรียบเรียงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อคำถาม	องค์ประกอบของการ คิดเชิงคำนวณ	จุดมุ่งหมายที่ใช้วัด
4. จงเขียนแสดงวิธีการหาคำตอบหรือการ คำนวณหาค่าใช้จ่ายทั้งหมดให้ถูกต้อง และ เป็นลำดับขั้นตอน	การคิดพิจารณา รูปแบบ	2. ระบุ แนวโน้ม คำตอบโดยสังเกต รูปแบบของระบบ หรือวิธีการแก้ปัญหา

ยุภารัตน์ พิษสิงห์ (2564: 37) ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อคำถามตามแนวคิดของ Rodriguez (2015) คือเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีค โดยกำหนดให้มีคะแนนตั้งแต่ 0-3 คะแนน ตามเกณฑ์รูปรีครายข้อคำถามและหากไม่เขียนตอบได้ 0 คะแนน ซึ่งในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วย 4 ข้อคำถาม ข้อละ 3 คะแนน รวมเป็น 12 คะแนน รายละเอียดดังตาราง 9

ตาราง 9 ตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ ตามจุดมุ่งหมายการคิดเชิงคำนวณของแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบ/ ประเด็นที่ ต้องการวัด เกณฑ์คะแนน	0	1	2	3
1. การแบ่งย่อยปัญหา				
1.1 วิเคราะห์ และแยกปัญหา ออกเป็น ส่วนย่อย	ไม่เขียน ตอบ/ไม่มี การระบุ ประเด็น ปัญหาหรือ สถานการณ์	พิจารณาปัญหา ส่วนย่อย เพื่อเป็น แนวทางในการ แก้ปัญหาได้แต่ไม่ ถูกต้องตาม เงื่อนไข/ระบุ ประเด็นปัญหา ย่อยที่เกี่ยวข้อง	พิจารณาปัญหา ส่วนย่อย เพื่อ เป็นแนวทางใน การแก้ปัญหาได้ อย่าง ถูกต้อง แต่ไม่ ครบตามเงื่อนไข/	

ตาราง 9 (ต่อ)

องค์ประกอบ/ ประเด็นที่ ต้องการวัด เกณฑ์คะแนน	0	1	2	3
		กับสถานการณ์ ปัญหาที่ กำหนดให้ไม่ได้/ สามารถ วิเคราะห์แยกย่อย รายละเอียด ของเงื่อนไขที่ สถานการณ์ กำหนด แต่ไม่ถูก	พิจารณาปัญหา ส่วนย่อย เพื่อเป็น แนวทางในการ แก้ปัญหาได้อย่าง ถูกต้อง แต่ไม่ครบ ตามเงื่อนไข/ระบุ ประเด็นปัญหาย่อยที่ เกี่ยวข้องกับ สถานการณ์ปัญหาที่ กำหนดให้ได้ แต่ไม่ ครบตามเงื่อนไข/ สามารถวิเคราะห์ แยกย่อยหรือระบุ รายละเอียดเงื่อนไขที่ สถานการณ์กำหนด ถูกต้อง	ระบุประเด็น ปัญหาย่อยที่ เกี่ยวข้อง กับสถานการณ์ ปัญหาที่ กำหนดให้ ได้อย่างถูกต้อง และครบถ้วน ตาม เงื่อนไข/สามารถ วิเคราะห์แยก ย่อยหรือระบุ รายละเอียด เงื่อนไขที่ สถานการณ์ กำหนดถูกต้อง สมบูรณ์ และ ครบทุกเงื่อนไข

ตาราง 9 (ต่อ)

องค์ประกอบ/ ประเด็นที่ ต้องการวัด เกณฑ์คะแนน	0	1	2	3
			แต่ไม่ครบทุกเงื่อนไข อาจขาดหายไปบาง ประเด็น	
1.2 สามารถ แก้ปัญหา ส่วนย่อยได้	ไม่เขียน ตอบ/ไม่ สามารถ ตีความหรือ สามารถ อธิบาย คำตอบ ประกอบการ ตัดสินใจได้	มีผลลัพธ์จาก สถานการณ์ที่ กำหนดได้ แต่ไม่ ถูกต้อง/มีผลลัพธ์ จากที่หาได้จาก สถานการณ์ที่ กำหนดให้ได้ แต่ ไม่ถูกต้อง หรือไม่ มีการเปรียบเทียบ ผลลัพธ์เพื่อแสดง ความ สมเหตุสมผลหรือ อ้างอิง เหตุผลได้	ผลลัพธ์ที่หาได้จาก สถานการณ์ที่ กำหนดให้มีความ ใกล้เคียงกับ ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง / สามารถเปรียบเทียบ ผลลัพธ์ แต่ไม่อธิบาย หรือแสดงความ สมเหตุสมผลหรือ อ้างอิงเหตุผลได้	ได้ผลลัพธ์ที่ ถูกต้อง ครบถ้วน ตาม เงื่อนไข/ได้ ข้อสรุปแนวทาง ในการ หาคำตอบได้ตรง ตามเงื่อนไข/ ผลลัพธ์จาก สถานการณ์ ถูกต้องทั้งหมด
2. การคิดพิจารณารูปแบบ				
2.1 ระบุรูปแบบ ของการ แก้ปัญหาที่มี ความเหมือน หรือสอดคล้อง กัน	ไม่เขียนแจก แจงรูปแบบ วิธีการหา คำตอบหรือ แนวทางการ หาคำตอบได้	หารูปแบบ แนวทางในการ วางแผนการ แก้ปัญหาได้ แต่ ไม่	หารูปแบบ แนวทาง ในการวางแผนการ แก้ปัญหาได้ตรงตาม เงื่อนไขบางส่วน	หารูปแบบ แนวทางในการ วางแผนการ แก้ปัญหาได้ ถูกต้องได้ตรง

ตาราง 9 (ต่อ)

องค์ประกอบ/ ประเด็นที่ ต้องการวัด เกณฑ์คะแนน	0	1	2	3
		ถูกต้องและไม่ ครบตามเงื่อนไข/ เขียนแจกแจง รูปแบบวิธีการหา คำตอบหรือแนว ทางการหา คำตอบได้ แต่ไม่ ถูกต้อง/สามารถ วิเคราะห์ข้อมูลได้ แต่ไม่ถูกต้อง	ไม่ถูกต้องทั้งหมด/ เขียน แจกแจงรูปแบบ วิธีการหาคำตอบ หรือแนวทางการหา คำตอบได้ถูกต้องแต่ ไม่ครบทุกกรณี/ สามารถวิเคราะห์ ข้อมูลได้ถูกต้อง บางส่วนและไม่ครบ ตามเงื่อนไขที่กำหนด	ตามเงื่อนไข ครบถ้วน นำไปสู่ การหาคำตอบ หรือแก้ปัญหา ได้/ เขียนแจกแจง รูปแบบวิธีการหา คำตอบหรือแนว ทางการหา คำตอบได้ถูกต้อง ครบทุกกรณี/ สามารถ วิเคราะห์ข้อมูล ได้ถูกต้อง ครบถ้วน
2.2 ระบุแนวโน้ม คำตอบโดย สังเกตรูปแบบ ของระบบหรือ วิธีการแก้ปัญหา	ไม่เขียน ตอบ/เขียน ตอบแต่ไม่ เกี่ยวกับ ประเด็นใน การหา คำตอบ	สามารถวิเคราะห์ และหา รูปแบบของ ปัญหาส่วนย่อยได้ แต่ไม่ถูกต้องและ ไม่ครบตาม เงื่อนไข	สามารถวิเคราะห์ และหารูปแบบ ของปัญหาส่วนย่อย ได้ถูกต้องแต่ไม่ ครบตามเงื่อนไข สถานการณ์หรือใช้ เงื่อนไขของ สถานการณ์ครบแต่ คำตอบบางส่วนไม่ ถูกต้อง	สามารถ วิเคราะห์และหา รูปแบบ ของปัญหา ส่วนย่อยได้ ถูกต้องและ ใช้เงื่อนไขในการ หาคำตอบได้ ครบถ้วน

ตาราง 9 (ต่อ)

องค์ประกอบ/ ประเด็นที่ ต้องการวัด เกณฑ์คะแนน	0	1	2	3
3. การคิดเชิงนามธรรม				
3.1 เขียน	ไม่เขียน	สามารถระบุ	ร่างแผนภาพหรือ	ร่างแผนภาพหรือ
แผนภาพ	ตอบ/ไม่มี	สถานที่หรือ	แบบจำลองที่ได้	แบบจำลอง
แบบจำลองหรือ	ร่องรอยใน	ตำแหน่งที่	แต่ไม่สามารถระบุ	และสามารถระบุ
สัญลักษณ์ทาง	การวางแผน	สอดคล้องกับ	สถานที่หรือ	สถานที่หรือ
คณิตศาสตร์ที่	หรือร่าง	สถานการณ์ได้	ตำแหน่งที่สอดคล้อง	ตำแหน่งที่
เป็นตัวแทนของ	แผนภาพ	แต่ไม่สามารถ	กับสถานการณ์	สอดคล้องกับ
สถานการณ์หรือ	แบบจำลอง	ร่างแผนภาพหรือ	ได้ตรงกับที่โจทย์	สถานการณ์ได้
ปัญหา	เลย	แบบจำลองให้	กำหนด แต่ไม่ครบ	ตรงกับที่โจทย์
		สอดคล้องกับ	ตามเงื่อนไข / เขียน	กำหนด ครบถ้วน
		สถานการณ์ได้ /	ตารางการท่า	ตามเงื่อนไข /
		ร่างแผนภาพหรือ	กิจกรรมได้สอดคล้อง	เขียนตารางการ
		แบบจำลองที่	กับสถานการณ์	ทำกิจกรรมได้
		ได้สามารถระบุ	ถูกต้อง แต่ไม่ครบ	สอดคล้องกับ
		สถานที่หรือ	ตามเงื่อนไข ขาด	สถานการณ์
		ตำแหน่งที่	บางส่วนไป/ใช้	ถูกต้อง
		สอดคล้องกับ	สัญลักษณ์ทาง	และสมบูรณ์/ใช้
		สถานการณ์ได้แต่	คณิตศาสตร์ในการ	สัญลักษณ์ทาง
		ไม่ตรงกับที่	แทนค่าของข้อมูล	คณิตศาสตร์ใน
		โจทย์กำหนด/		การแทนค่าของ
		เขียนตารางการ		ข้อมูลได้ และ
		ทำกิจกรรมได้		เป็นไปตามที่
		สอดคล้องกับ		สถานการณ์
		สถานการณ์แต่ไม่		กำหนดหรือใช้
		ถูกต้อง		

ตาราง 9 (ต่อ)

องค์ประกอบ/ ประเด็นที่ ต้องการวัด เกณฑ์คะแนน	0	1	2	3
		คณิตศาสตร์ใน การแทนค่าของ ข้อมูลไม่ได้	ได้ แต่ไม่เป็นไป ตามที่สถานการณ์ กำหนดหรือใช้ สัญลักษณ์ที่ไม่ เหมาะสม และเข้าใจ ยาก	สัญลักษณ์ที่ เหมาะสม และ เข้าใจง่าย
3.2 ระบุส่วน สำคัญของปัญหา โดยคัดกรองสิ่งที่ ไม่เกี่ยวข้องออก ได้อย่างชัดเจน	ไม่เขียน ตอบ/ตอบ ผิด	สามารถหา คำตอบคำถาม แต่ไม่ ถูกต้อง/สามารถ หาคำตอบได้ไม่ ถูกต้อง /สามารถ หาคำตอบได้ ถูกต้อง บาง ประเด็นแต่ไม่ให้ เหตุผลประกอบ ตามประเด็น คำถาม	สามารถหาคำตอบได้ ถูกต้องแต่ไม่ ครบทุกประเด็น อาจจะขาดคำตอบ ในบางประเด็นไป/ สามารถหา คำตอบได้ถูกต้องทุก ข้อ แต่ไม่ให้ เหตุผลประกอบตาม ประเด็นคำถาม	สามารถหา คำตอบได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ ทุกประเด็น/ สามารถหา คำตอบได้ถูกต้อง ทุกข้อ และสามารถให้ เหตุผลประกอบ ตามประเด็น คำถามได้ทุก ประเด็น

ตาราง 9 (ต่อ)

องค์ประกอบ/ ประเด็นที่ ต้องการวัด เกณฑ์คะแนน	0	1	2	3
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี				
4.1 ระบุหรือ เรียบเรียง ขั้นตอนวิธีการ แก้ปัญหา/ ตารางที่ใช้ในการ เรียบเรียง อย่างเป็นลำดับ ขั้นตอน	ไม่เขียนตอบ	เขียนขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้ บางส่วน และ ขั้นตอนไม่ ครบถ้วนสมบูรณ์ ส่งผลให้แก้ปัญหา ได้ไม่ถูกต้อง/ เขียนตัว แปร หรือ ค่าของ ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง กับสถานการณ์แต่ ไม่ เขียนแผน ตาราง หรือ แบบจำลองได้/ เขียนแสดง ขั้นตอนในการ คำนวณหรือการ ดำเนินการต่างๆ ได้ แต่ยังไม่ ถูกต้องและไม่เป็น ลำดับขั้นตอน	เขียนขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้อย่าง เป็นลำดับที่ต่อเนื่อง ชัดเจน แต่ ขั้นตอนไม่ครบถ้วน สมบูรณ์อาจ ส่งผลให้แก้ปัญหาไม่ ถูกต้อง/เขียน แบบจำลองจาก สถานการณ์ได้แต่ค่า ของตัวแปรหรือตัว แปร หรือ เขียน อธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาในรูปแบบ ของคณิตศาสตร์ยังไม่ ถูกต้องหรืออธิบาย แผนภาพ, ตารางว่า ยังไม่ถูกต้อง/แสดง ขั้นตอนการคำนวณ ได้และมีบางขั้นตอน ที่คำนวณไม่ ถูกต้องตามเงื่อนไข สถานการณ์ กำหนด	เขียนขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้ อย่างเป็นลำดับที่ ต่อเนื่องชัดเจน และขั้นตอน ครบถ้วนสมบูรณ์ นำไปสู่การ แก้ปัญหาได้ ถูกต้อง/ อธิบายแผนภาพ, ตารางว่าสื่อถึง อะไร หรือ เขียน อธิบายสิ่งที่ เกี่ยวข้องกับ ปัญหาในรูปแบบ ของ คณิตศาสตร์ หรือ เขียนให้อยู่ ในรูปแบบจำลอง ได้จาก สถานการณ์ กำหนดได้ ถูกต้อง/เขียน แสดง

ตาราง 9 (ต่อ)

องค์ประกอบ/ ประเด็นที่ ต้องการวัด เกณฑ์คะแนน	0	1	2	3
			คำนวณหรือการ ดำเนินการต่างๆ ได้ ถูกต้องและไม่เป็น ลำดับขั้นตอน	ขั้นตอนในการ คำนวณหรือการ ดำเนินการต่างๆ ได้ถูกต้อง และ เป็นลำดับ ขั้นตอน เข้าใจ ง่าย และ ครบทุกเงื่อนไขที่ สถานการณ์ กำหนด
4.2 สามารถ ออกแบบ สร้าง ตาราง และเขียน ขั้นตอนการ หาคำตอบหรือ การแก้ปัญหา ได้	ไม่เขียนตอบ	สร้างและ ออกแบบขั้นตอน การ หาคำตอบได้ แต่ เขียนอธิบาย หรือแสดงวิธีการ หาคำตอบไม่ได้/ ตอบคำถามของ สถานการณ์ว่า โจทย์ต้องการ อะไร แต่ไม่มีการ สร้างแผนภาพ ตาราง ประโยค สัญลักษณ์ และ อัตราส่วน	สร้างและออกแบบ ขั้นตอนการหา คำตอบได้เขียน อธิบายหรือแสดง วิธีการหาคำตอบได้ แต่ไม่ครบถ้วน ขาดเงื่อนไขบาง ประการ/สร้าง แผนภาพ หรือ ตาราง หรือ เขียน ประโยคสัญลักษณ์ หรือ เขียนให้อยู่ ในรูปอัตราส่วนได้แต่ ข้อมูลไม่ครบ	สร้างและ ออกแบบขั้นตอน การหา คำตอบได้ แต่ เขียนอธิบายหรือ แสดงวิธีการหา คำตอบได้ ครบถ้วน ทุกเงื่อนไข/สร้าง แผนภาพ หรือ ตาราง หรือ เขียนประโยค สัญลักษณ์ หรือ อัตราส่วนได้ ถูกต้อง

ไพรวลัย คิวสุนทรเนตร (2565: 71) ได้จัดทำแบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ เป็นข้อสอบ การปฏิบัติและข้อสอบอัตนัย เกี่ยวกับภารกิจปัญหาในการเขียนโค้ดดิ้ง (Coding) โดยใช้หุ่นยนต์เป็น สื่อเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบคือ

- 1) การแบ่งย่อยปัญหาใหญ่เป็นปัญหาย่อย (Decomposition)
- 2) การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition)
- 3) การหาความสำคัญของปัญหา (Abstraction)
- 4) การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithms)

โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับหุ่นยนต์ mBot กลุ่มละ 1 ชุด พร้อมทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยมีการกำหนดภารกิจปัญหา ดังนี้

ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการภายในห้องเรียนหรือไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่กำหนด นักเรียนจะต้องมีตำแหน่งให้หุ่นยนต์หยุดพักก่อนเข้าสู่เส้นชัย แต่ละทีมสามารถทดสอบสนามจริงได้ 1 ครั้ง



ภาพ 13 แสดงเส้นทางในสนามทดสอบหุ่นยนต์

ที่มา: ไพรวลัย คิวสุนทรเนตร (2565: 176)

มีข้อคำถามให้นักเรียนตอบเป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 3 ข้อ ดังนี้

- 1) การหาความสำคัญของปัญหา
- 2) การแบ่งย่อยข้อมูล
- 3) การหารูปแบบ

โดยมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric scoring) มี 4 ระดับตั้งแต่ 1-4 โดยมีระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณตั้งแต่ ระดับเริ่มต้น ระดับกำลังพัฒนา ระดับดี และระดับยอดเยี่ยม และมีเกณฑ์การวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยภาพรวม ที่ได้ปรับปรุงมาจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) รายละเอียดดังตาราง 10 และ 11

ตาราง 10 เกณฑ์การให้คะแนน

ความสามารถรายด้าน ทักษะการคิดเชิง คำนวณ	ระดับการให้ คะแนน	พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก
1. การแบ่งปัญหาใหญ่ เป็นปัญหาย่อย (Decomposition)	ยอดเยี่ยม (4) ดี (3) กำลังพัฒนา (2) เริ่มต้น (1)	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ และสามารถ เชื่อมโยง แต่ละส่วนเข้าด้วยกันได้ แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ ยังไม่ ละเอียดลออ หรือไม่ ครบทุกประเด็น ไม่สามารถแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย
2. การหารูปแบบ ของปัญหา (Pattern Recognition)	ยอดเยี่ยม (4) ดี (3) กำลังพัฒนา (2) เริ่มต้น (1)	สามารถกำหนดแบบแผนที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ ครบถ้วน สามารถกำหนดแบบแผนที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ สามารถกำหนดแบบแผนที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ บางส่วน ไม่สามารถกำหนดแบบแผนที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา ได้
3. การหาความสำคัญ ของปัญหา (Abstraction)	ยอดเยี่ยม (4) ดี (3) กำลังพัฒนา (2) เริ่มต้น (1)	สามารถอธิบายรายละเอียดที่สำคัญของปัญหาได้ ครบถ้วน สามารถอธิบายรายละเอียดที่สำคัญของปัญหาได้ สามารถอธิบายรายละเอียดที่สำคัญของปัญหาได้ บางส่วน ไม่สามารถอธิบายรายละเอียดที่สำคัญของปัญหาได้
4. การออกแบบ อัลกอริทึม (Algorithms)	ยอดเยี่ยม (4) ดี (3) กำลังพัฒนา (2) เริ่มต้น (1)	สามารถเขียนขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาได้ครบถ้วน สามารถเขียนขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาได้ สามารถเขียนขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาได้บางส่วน ไม่สามารถเขียนขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาได้

ตารางที่ 11 เกณฑ์การวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยภาพรวม

ช่วงคะแนน	ระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ
13 – 16	ยอดเยี่ยม
9 – 12	ดี
5 – 8	กำลังพัฒนา
1 – 4	เริ่มต้น

จากการศึกษาการออกแบบเครื่องมือวัดและประเมินผลทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักวิจัย และนักวิชาการข้างต้น ผู้วิจัยเห็นว่าแนวทางของยูการ์ตัน พีชสิงห์ (2564: 43) ที่ได้สร้างเครื่องมือวัดแบบการสอบ ประเมินอัตโนมัติ และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Scoring) โดยมีวิธีการออกข้อสอบและกำหนดจุดมุ่งหมายหรือประเด็นที่ใช้ในการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของแต่ละองค์ประกอบ ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) โดยแบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การแยกย่อยปัญหา การพิจารณารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี และเลือกใช้เกณฑ์การให้คะแนนและเกณฑ์การตัดสินของไพรวัลย์ คิ้วสุนทรเนตร (2565: 71) ที่ได้ปรับปรุงมาจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (2560) เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณของงานวิจัยในครั้งนี้

ความพึงพอใจ

1. นิยามความหมายของความพึงพอใจ

มีนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญได้ให้นิยามความหมายของความพึงพอใจไว้ ดังนี้

Applewhite (1965) ได้กล่าวถึง ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึกส่วนตัวของบุคคลในการปฏิบัติงาน ซึ่งรวมไปถึงความพึงพอใจเป็นความรู้สึกส่วนตัวของบุคคลในการปฏิบัติงาน ซึ่งรวมไปถึงความพึงพอใจในสภาพแวดล้อมทางกายภาพด้วย การมีความสุขที่ทำงานร่วมกับคนอื่นที่เข้ากันได้ มีทัศนคติที่ดีต่องานด้วย

Good (1973) ได้กล่าวถึง ความพึงพอใจ หมายถึง สภาพหรือระดับความพึงพอใจที่เป็นผลมาจากความสนใจและเจตคติของบุคคลที่มีต่องาน

ราชบัณฑิตยสถาน (2546: 775) ได้ให้ความหมายคำว่า “พึงพอใจ” หมายถึงรัก ชอบใจ

ผู้วิจัยสรุปได้ว่าความพึงใจ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อการได้รับ ได้สัมผัส หรือ ประสบกับการสถานการณ์ ต่างๆ ผ่านการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสหรือความรู้สึกนึกคิดภายใน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

มีผู้เชี่ยวชาญและนักวิชาการ ได้เสนอแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจไว้ ดังนี้

Maslow (1970) กลุ่มทฤษฎีความต้องการของมาสโลว์ (Maslow's of Needs) ซึ่งได้สรุปไว้ว่า มนุษย์ถูกกระตุ้นจากความปรารถนาที่จะได้ครอบครอง ความต้องการเฉพาะอย่าง ซึ่งความต้องการนี้ เขาได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความต้องการของบุคคลว่า บุคคลย่อมมีความต้องการอยู่เสมอ และไม่มีสิ้นสุด ในขณะที่ความต้องการใดได้รับการตอบสนองแล้ว ความต้องการอย่างอื่นก็จะเกิดขึ้นอีกและไม่มีวันจบสิ้น ความต้องการที่ได้รับการตอบสนองแล้วจะไม่เป็นสิ่งที่จูงใจพฤติกรรมของพฤติกรรมอื่น ๆ ต่อไป ความต้องการที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองจึงเป็นสิ่งที่จูงใจของพฤติกรรมนั้น ความต้องการของบุคคลเรียงลำดับขั้นตอนความสำคัญ เมื่อความต้องการในระดับต่ำได้รับการตอบสนองแล้วบุคคลก็จะให้ความสำคัญ ความสนใจกับความต้องการในระดับที่สูงขึ้นต่อไป ลำดับความต้องการของบุคคลมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ความต้องการทางร่างกาย เพื่อความอยู่รอดของชีวิต
- 2) ความต้องการความปลอดภัยและมั่นคง ความต้องการทางด้านร่างกายหลังได้รับการตอบสนองแล้ว บุคคลก็จะให้ความสำคัญกับความต้องการในระดับที่สูงขึ้นไป คือ ความต้องการความปลอดภัยหรือมั่นคงในชีวิต ซึ่งรวมไปถึงความเจริญก้าวหน้าและความอบอุ่นใจด้วย
- 3) ความต้องการทางด้านสังคม ภายหลังจากที่คนได้รับการตอบสนองในขั้นดังกล่าวข้างต้น ก็จะมีความต้องการสูงขึ้นคือความต้องการสังคม เป็นความต้องการที่จะเข้าร่วมและได้รับการยอมรับจากคนในสังคม ความเป็นมิตรและความรักจากคนอื่น
- 4) ความต้องการที่จะได้รับการยกย่องนับถือ เป็นความต้องการให้คนอื่นยกย่อง ให้เกียรติ และเห็นความสำคัญของตน อยากเด่นในสังคม รวมถึงความสำเร็จความรู้ ความสามารถความเป็นอิสระและเสรีภาพ
- 5) ความต้องการความสำเร็จในชีวิต เป็นความต้องการระดับสูงสุดของมนุษย์ที่อยากจะได้ อยากจะเป็น ตามความคิดของตนเอง

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2540: 5-8) ได้รวบรวมแนวคิดและทฤษฎีการจูงใจของนักการศึกษาต่าง ๆ ไว้ดังนี้

1) ทฤษฎีการจูงใจ ERG ของแอลเดอร์เฟอร์ (Alderfer) กล่าวว่า ความต้องการของมนุษย์แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

1.1) ความต้องการเพื่อการดำรงชีวิต (Existence Needs) หรือ E เป็นความต้องการทางร่างกายและปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต

1.2) ความต้องการด้านความสัมพันธ์ (Relatedness Needs) หรือ R เป็นความต้องการที่จะมีความสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ๆ เช่น สมาชิกในครอบครัว เพื่อนฝูง เพื่อนร่วมงาน และคนที่ต้องการจะมีความสัมพันธ์ด้วย

1.3) ความต้องการความเจริญก้าวหน้า (Growth Needs) หรือ G เป็นความต้องการที่จะพัฒนาตนเองตามศักยภาพสูงสุด

2) ทฤษฎีการจูงใจของแมคคลีแลนด์ (David and Mac Clelland) เชื่อว่าความต้องการเป็นการเรียนรู้จากการมีประสบการณ์ และมีอิทธิพลต่อการรับรู้สถานการณ์ และมีอิทธิพลต่อการรับรู้สถานการณ์และแรงจูงใจสู่เป้าหมาย โดยแบ่งความต้องการออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.1) ความต้องการสัมฤทธิ์ผล (Needs for Achievement) เป็นพฤติกรรมที่จะกระทำการใดๆ ให้เป็นผลสำเร็จดีเลิศ เป็นแรงขับที่นำไปสู่ความเป็นเลิศ

2.2) ความต้องการสัมพันธ์ (Needs for Affiliation) เป็นความต้องการที่จะสร้างมิตรภาพ และมีความสัมพันธ์อันดีกับผู้อื่น

2.3) ความต้องการอำนาจ (Needs for Power) เป็นความต้องการควบคุมผู้อื่น มีอิทธิพลต่อผู้อื่น

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ ผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องมือวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับทักษะการคิดเชิงคำนวณ ในส่วนของการกำหนดข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์และความรู้สึกของนักเรียนระหว่างจัดการเรียนรู้

3. การวัดความพึงพอใจ

มีนักวิจัยและนักวิชาการได้แปลความหมายของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจไว้ ดังนี้ บุญชม ศรีสะอาด (2556) ได้กำหนดแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามแนวคิดของลิเคิร์ท (Likert's scale) ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด
และแปลความหมายค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาที่กำหนดไว้แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

รูปแบบของแบบสอบถามความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามวิธีของ ลิเคิร์ต (Likert's scale) ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจ มากที่สุด
ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจ มาก
ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจ ปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจ น้อย
ระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจ น้อยที่สุด

ในการวัดมาตราส่วนประเมินค่าใช้เกณฑ์ซึ่งเป็นระบบเดียวกันกับการตรวจให้คะแนน จะใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การวัดความพึงพอใจสามารถวัดได้หลายวิธี เช่น การสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถามความคิดเห็น การใช้แบบสำรวจความรู้สึก ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ของลิเคิร์ต (Likert's scale) ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจ มากที่สุด
ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจ มาก

ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจ ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจ น้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจ น้อยที่สุด

ใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายความหมายค่าเฉลี่ยของผู้ตอบแบบสอบถาม ตามแนวทางของบุญชม ศรีสะอาด (2556) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ	มาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ	น้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ	น้อยที่สุด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

ชยการ ศิริรัตน์ (2561: 31-47) ศึกษาการใช้กระบวนการแก้ปัญหาและโปรแกรมที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณ สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่าโปรแกรมที่ใช้บล็อกคำสั่งที่เป็นภาพหรือไอคอนสัญลักษณ์แทนศัพท์คำสั่ง ทำให้ผู้เรียนสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้น นักเรียนสามารถออกแบบวางแผนการแก้ปัญหาและทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่ตนเองออกแบบไว้ โดยไม่ติดขัด ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและสามารถพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้

พัชรภรณ์ จารุพันธ์ และกิตติพงษ์ พุ่มพวง (2562: 2425-2411) ได้ทำการวิจัย เรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับหุ่นยนต์ mBot วิชาวิทยาการคำนวณเพื่อส่งเสริมการใช้ความคิดเชิงตรรกะและการแก้ปัญหาเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีจุดมุ่งหมายของการศึกษาเพื่อ 1) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับหุ่นยนต์ Bot วิชาวิทยาการคำนวณ เพื่อส่งเสริมการใช้ความคิดเชิงตรรกะและการแก้ปัญหาเชิงระบบ 2) เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับหุ่นยนต์ Bot และ 3) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้ความคิดเชิงตรรกะและการแก้ปัญหาเชิงระบบ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอนุบาลโรจนวิทย์ ปีการศึกษา 2562 จำนวน 34 คนผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับหุ่นยนต์ mBot ในภาพรวมมีความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.53) ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 83.25/82.50 2) ผลการทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับหุ่นยนต์ Bot พบว่า ผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และ 3) พฤติกรรมการใช้ความคิดเชิงตรรกะ และการแก้ปัญหาซึ่งระบบมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=15.15$) คิดเป็นร้อยละ 75.76

ศิริฐ อิมแซม และ ใจทิพย์ ณ สงขลา (2563: 45-57) ศึกษาผลของการใช้ซอฟต์แวร์ที่มีผลต่อการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่มีบุคลิกภาพที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีบุคลิกภาพแบบเปิดเผยและบุคลิกภาพแบบเก็บตัว ผลการวิจัย พบว่า การใช้ซอฟต์แวร์มีผลต่อการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่มีบุคลิกภาพแบบเปิดเผยสูงกว่านักเรียนที่มีบุคลิกภาพแบบเก็บตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นฤมล ปูปิตา (2563: 1) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการสอน Coding Unplug เรื่อง การใช้เหตุผล เชิงตรรกะ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างสื่อการสอน Coding Unplug เรื่อง การใช้เหตุผลเชิงตรรกะ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยสื่อการสอน Coding Unplug เรื่อง การใช้เหตุผลเชิงตรรกะ กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชุมชนบ้านพ่อวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง จำนวน 17 คน จำแนกเป็นนักเรียนชาย 14 คน นักเรียนหญิง 3 คน โดยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า ผลการสร้างสื่อการสอน Coding Unplug เรื่อง การใช้เหตุผลเชิงตรรกะ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญพบว่า สื่อการสอน Coding Unplug จำนวน 2 เรื่อง มีองค์ประกอบต่าง ๆ ของกิจกรรมอย่างครบถ้วน มีขั้นตอนการสร้างอย่างชัดเจนสร้างบนพื้นฐานหลักการซึ่งได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์และการสะท้อนคิดจากการจัดกิจกรรมชุมชนแห่งการเรียนรู้ (PLC) และผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยสื่อการสอน Coding Unplug เรื่อง การใช้เหตุผลเชิงตรรกะ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80 พบว่า มีนักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 97.65 โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีผลคะแนนเฉลี่ย 9.53 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย 10.00

วิรุฬห์ สิทธิเชตรกรณ์ และสุรีย์พร สว่างเมฆ (2564: 1) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5Es ร่วมกับบอร์ดเกมและการเขียน Formula Coding เรื่อง ประชากรในสถานการณ์โรคระบาด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทาง การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณผ่านการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบ 5Es ร่วมกับบอร์ดเกมและการเขียน Formula Coding เรื่อง ประชากร ในสถานการณ์โรคระบาด สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และเพื่อศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย การสร้างความสนใจด้วยข่าวปัญหาการระบาด การสำรวจปัญหาเพื่อสืบเสาะข้อมูลข่าวการระบาดมาใช้ออกแบบวิธี

แก้ปัญหาตามองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณและการเขียน Formula Coding ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel การอธิบายวิธีการแก้ปัญหามาจากแนวโน้มกราฟการเปลี่ยนแปลงประชากร การขยายความรู้เพื่อให้เห็นพลวัตรประชากรโดยใช้บอร์ดเกม Covidea และการอภิปรายสรุป เรื่อง ประชากรกับการระบาด โดยนักเรียนมีระดับการคิดเชิงคำนวณหลังการจัดการเรียนรู้เป็นระดับดีมาก สอดคล้องกับผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างเรียนที่เพิ่มขึ้นเป็นระดับดีมากเช่นกัน

ปรานวดี อุณญาติ (2564: 1) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

เพียงขวัญ แก้วเรือง (2564: 1) การศึกษาการคิดเชิงคำนวณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เรื่องการใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีคะแนนการคิดเชิงคำนวณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อควบคุม อิทธิพลของความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนามของค่าเฉลี่ยคะแนนในแต่ละตัวแปรตาม โดยมีตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรร่วม พบว่าเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแล้วนักเรียนมีการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่พบว่าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศุภมาส แสนโคก (2565: 1) ได้ทำการศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 34 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง บทเรียนบนเว็บจำนวน 6 บทเรียน แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณแบบอัตนัย

จำนวน 2 ข้อ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ One Sample t-test ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.20/81.73 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์

ไพรวลัย คิวสุนทรเนตร (2565: 1) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ที่ส่งเสริมการใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการเขียนโค้ดตั้ง (Coding) โดยใช้หุ่นยนต์ที่มีส่วนประกอบของระบบสมองกลฝังตัวและการเขียนโปรแกรม พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณครบทั้ง 4 องค์ประกอบได้แก่ การแยกย่อยปัญหา (Decomposition) การหารูปแบบ (Pattern Recognition) ความสามารถในการหาความสำคัญของปัญหา (Abstraction) และการออกแบบอัลกอริทึม (Algorithm)

เบญจมาศ รอดวงษ์และคณะ (2565: 44-58) ได้ทำการศึกษาการบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องวงจรไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนระดับประถมศึกษา พบว่าการจัดกิจกรรมในชั้นกำหนดขอบเขตปัญหาที่มีการนำประเด็นสถานการณ์ปัญหาจริงในชีวิตประจำวันที่ไม่ซับซ้อนสามารถส่งเสริมการตั้งกรอบปัญหาได้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.3 นอกจากนี้การจัดกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดในมุมมองของผู้ผลิตหรือนวัตกรรมเป็นหลักทำให้นักเรียนมีองค์ประกอบในการทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายหรือผู้ใช้

จักรกฤต ภูงศ์ประเวศ (2566: 1-13) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังเรียนโดยภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะย่อยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังเรียนอยู่ในระดับสูงและมีค่าใกล้เคียงกันในทุกสมรรถนะย่อย และได้สรุปไว้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเอื้อให้นักเรียนสามารถตั้งคำถาม สืบค้นปัญหาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ และนำมาแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน ส่งผลให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มสามารถเข้าใจปัญหาหลัก เจาะลึก และข้อจำกัดได้ตรงกัน มีเป้าหมายร่วมกัน และระบุแนวคิดในการทำงานร่วมกันได้นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาถึงความสามารถของสมาชิกในกลุ่มและสื่อสารหน้าที่กันได้อย่างตรงเป้าหมายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศ ผู้วิจัยพบว่ามีการศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณร่วมกับวิธีจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ปัญหาเป็นฐาน และมีการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER) และสเต็มศึกษา (STEM) มีการใช้หุ่นยนต์ mBot และบอร์ดเกมและการเขียน Formula Coding เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแนวทางที่ผู้วิจัยสามารถนำมาปรับใช้กับงานวิจัยในครั้งนี้ได้

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Wahl (2003: 1) ศึกษาการเรียนรู้ด้วยโครงงาน โดยการสร้างรูปแบบการเรียนรู้ด้วยโครงงานในหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับวิทยาลัย เพื่อให้เข้าถึงวิธีที่นักเรียนได้ตอบสนองทางด้านสติปัญญา อารมณ์ และให้เกิดแรงจูงใจต่อรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงาน ซึ่งโครงงานที่ใช้ศึกษาครั้งนี้มีทั้งหมด 54 โครงงาน แต่ละโครงงาน จะมีรูปแบบการเรียนรู้ 1 แบบหรือมากกว่านั้น (มีการใช้เสียง การดูการสัมผัส และการเคลื่อนไหว) และในแต่ละส่วนจะมีระบบการเรียนรู้หลักอยู่ 5 ด้าน ได้แก่ อารมณ์ สังคม สติปัญญา ร่างกายและการสะท้อน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสังเกต ใช้การสังเกตในห้องเรียนขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม แบบสัมภาษณ์ โดยสุ่มสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 18 คน จากนักเรียนหลายๆ ห้อง ผลการศึกษาพบว่า ส่วนที่ 1 นักเรียนมีความรู้ว่าการเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้พวกเขาเข้าใจแนวคิดวิชาคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าการสอนแบบบรรยาย ส่วนที่ 2 พบว่า นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อรายวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนมีความสุขกับการร่วมกิจกรรม ส่วนที่ 3 พบว่า นักเรียนเห็นคุณค่ากิจกรรมในห้องเรียนที่หลากหลาย

Leonard (2016: 860-876) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 124 คน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบหุ่นยนต์และเกมมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมการสอนทางคอมพิวเตอร์ แสดงให้เห็นว่าการคิดเชิงคำนวณควรส่งเสริมด้วยกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนได้แก้ปัญหาผ่านการออกแบบ และสร้างชิ้นงานขึ้นมา

Faber, Wierdsma, and Doornbos (2017: 1) ได้ศึกษาวิจัยการสอนแนวคิดเชิงคำนวณสำหรับนักเรียนโรงเรียนประถมศึกษา โดยใช้บทเรียนการเขียนโปรแกรมแบบไม่ใช้คอมพิวเตอร์จากนั้นนำมาสร้างเป็นหลักการในการออกแบบการศึกษาในอนาคต โดยการที่ครูผู้สอนรวบรวมประเด็นที่ต้องพัฒนาและปรับปรุง แก๊ซ ซึ่งมีจุดประสงค์คือการสอนแนวคิดเชิงคำนวณ จากการศึกษาพบว่าในกิจกรรมการเขียนโปรแกรมโดยไม่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จะติดตามในแนวคิดอัลกอริทึมตัวแปรการทำซ้ำ และเงื่อนไข ที่เป็นพื้นฐานในการศึกษาแนวคิดการเขียนโปรแกรมที่ซับซ้อนขึ้น

Brackmann et al. (2017: 65-72) ได้ศึกษาในงานวิจัยการพัฒนาแนวคิดเชิงคำนวณด้วยกิจกรรมอันปลั๊กในนักเรียนระดับประถมศึกษา เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยกิจกรรมอันปลั๊กนี้เริ่มมีขึ้นในปี 1997 ที่ถูกเผยแพร่ในรูปแบบของเกมที่

เหมาะสมกับช่วงวัยในการเรียนวิทยาการคอมพิวเตอร์ และต่อมาในปี 1998 ได้ถูกเผยแพร่ในวงกว้าง และถูกบรรจุอยู่ในหลักสูตรการเรียนวิทยาการคอมพิวเตอร์ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา โดยการวิจัยนี้ใช้กิจกรรมแบบอันปลั๊ก ทั้งหนังสือที่ชื่อว่า Hello Ruby และ บอร์ดเกม Master Code และมีการใช้แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณที่มีหลักการของการเขียนโปรแกรมอยู่ในแบบวัดผลปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมอันปลั๊กมีทักษะการคิดเชิงคำนวณมากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

Mathiphatikul et al. (2019: 1) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสเต็มศึกษา (STEM) เพื่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในหัวข้อสมดุสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนได้รับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่อง โดยใช้การจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามแนวทางสเต็มศึกษา (STEM) เนื่องจากนักเรียนจะต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อระบุขอบเขตปัญหาและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อออกวิธีการในการแก้ไข

Wong and Cheung (2020: 1-15) ได้สำรวจการรับรู้ของเด็กเกี่ยวกับการพัฒนาศตวรรษที่ 21 ผ่านการคิด เชิงคำนวณและการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นความสามารถด้านการเรียนรู้ดิจิทัลที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ซึ่งในกระบวนการเรียนเขียนโปรแกรมสามารถพัฒนาการคิดเชิงคำนวณเป็นกระบวนการแก้ปัญหาได้ และมีความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นลักษณะของผู้พัฒนานวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ที่เกิดขึ้น จากการแก้ปัญหา การใช้หลักสูตรการเรียนเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในชั้นประถมศึกษา ที่ช่วยประเมินผลกระทบจากการเรียนเขียนโปรแกรมและแบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการเรียนเขียนโปรแกรมเพื่อเก็บข้อมูลจากนักเรียนชั้นประถมศึกษา 4 5 และ 6 จำนวน 90 คน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่บอกว่าการเรียนเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกี่ยวข้องกับวิชาอื่น นอกเหนือจากคณิตศาสตร์ มีนักเรียนเพียง 4 คน ที่บอกว่าการเขียนโปรแกรม เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ แม้ว่าการเขียนโปรแกรมจะเชื่อมโยงกับคณิตศาสตร์และการคิดทางคณิตศาสตร์ที่แสดงให้เห็นถึงฟังก์ชันของการใช้หน้าต่างแบบบล็อกมาเป็นธรรมชาติของการเขียนโปรแกรม อาจจะประสบความสำเร็จในการสรุปองค์ประกอบทางคณิตศาสตร์ที่อยู่เบื้องหลังการคิดคำนวณ

Lopez-Parra (2023) ได้ศึกษาการส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในห้องทดลองฟิสิกส์ เป็นการวิจัยที่มีพื้นฐานมาจากการเรียนรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และวิธีที่นักเรียนระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย (K-16) พัฒนาความคิดทางวิศวกรรมและทักษะวิชาชีพผ่านสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยมีเป้าหมายที่จะประยุกต์งานวิจัยของเขาในการออกแบบประสบการณ์ทางการศึกษาที่ดีขึ้น ผลการวิจัยพบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยมีระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณและแนวทางในการออกแบบกระบวนการที่ดีขึ้นตามลำดับ

Epifani and Yosep (2023: 1-18) ได้ทำการศึกษาการบูรณาการสเต็มศึกษา (STEAM) กับ การทักษะการคิดเชิงคำนวณ: การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงวิพากษ์และการคิดสร้างสรรค์ในการสอน

และการเรียนรู้เชิงนวัตกรรม จากการวิเคราะห์ผลพบว่า การคิดเชิงวิพากษ์และการคิดสร้างสรรค์ ในระหว่างกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับทักษะการคิดเชิงคำนวณ (STEAM-CT) สามารถส่งเสริมการวางแผนการแก้ปัญหา ความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา และความสามารถ ในการวิเคราะห์แก้ปัญหา การออกแบบผลิตภัณฑ์ ได้เป็นอย่างดี

Sattar and Nawaz (2023: 1) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณตามแนวทาง สะเต็มศึกษา (STEM) ร่วมกับการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมโดรนที่มีส่วนประกอบของระบบสมองกล ผังตัว พบว่าการบูรณาการเทคโนโลยีโดรนและแนวคิดพื้นฐานของการเขียนโปรแกรมและการเข้ารหัส เป็นแนวทางใหม่ที่จะช่วยพัฒนาทักษะการคำนวณของนักเรียน โดยภาพรวมนักเรียนทุกคนทำภารกิจ สำเร็จแล้วประสบความสำเร็จ โดรนมีประโยชน์อย่างมากในการจุดประกายให้นักเรียนมีความสนใจใน อาชีพและวิทยาการคอมพิวเตอร์ การเขียนโปรแกรม และโดรนเข้ารหัสได้สร้างสรรค์ความเป็นไปได้ที่ ยอดเยี่ยมมากมายเพื่อหารือเกี่ยวกับแนวคิดการเขียนโปรแกรมเชิงลึก การบูรณาการ เทคโนโลยีโดรน และการเขียนโค้ดยังช่วยสร้างความคุ้นเคยอีกด้วย นักเรียนที่มีทักษะเทคโนโลยีจะเป็นที่ต้องการใน อนาคต

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบขั้นตอน การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การใช้หุ่นยนต์หรือโดรน ที่ประกอบด้วยระบบสมองกลผังตัว ร่วมกับการจัดการการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม โดยจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อคิด วิเคราะห์และแก้ปัญหาหรือพัฒนาสิ่งใหม่ สามารถช่วยส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณได้เป็น อย่างดี และยังส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะความรู้ (Hard Skill) และทักษะด้านอารมณ์ (Soft Skill) ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80 และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนธิดานุเคราะห์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวน 135 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนธิดานุเคราะห์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 40 คน โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบการทดลองกลุ่มเดียวและวัดผลเฉพาะหลังการทดลอง (One Group Posttest – Only Design) ดังตาราง 12

ตาราง 12 แบบแผนการวิจัยแบบการทดลองกลุ่มเดียวและวัดผลเฉพาะหลังการทดลอง
(One Group Posttest – Only Design)

Treatment	การทดลองหลังเรียน
ดำเนินการเรียนการสอน	แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ
X	O

สัญลักษณ์ที่ใช้

- X หมายถึง จัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว
- O หมายถึง ทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณและศึกษาความพึงพอใจ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ใช้เครื่องมือในการวิจัยดังนี้

1. แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว เรื่อง ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน จำนวน 4 แผน
2. แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 1 ฉบับ
3. แบบสอบถามความพึงพอใจ จำนวน 1 ฉบับ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว เรื่อง ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนธิดานุเคราะห์ พุทธศักราช 2563 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาตามขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.2 ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้รายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.3 ศึกษาเนื้อหาในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี ในเอกสารประกอบการสอน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องความรู้และทักษะเฉพาะด้าน เพื่อวิเคราะห์ มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สถานการณ์ปัญหา และจำนวนชั่วโมงของผู้เรียน เพื่อนำมาแบ่งเนื้อหา และพัฒนาแผนจัดการเรียนรู้

1.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะความรู้เรื่องระบบสมองกลฝังตัวกับทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยมีการวิเคราะห์ดังตารางที่ 13

ตาราง 13 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะความรู้เรื่องระบบสมองกลฝังตัวกับ
ทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ทักษะความรู้เรื่องระบบสมองกลฝังตัว	ทักษะการคิดเชิงคำนวณ			
	แยกย่อยปัญหา	พิจารณารูปแบบ	คิดเชิงนามธรรม	ออกแบบขั้นตอนวิธี
การออกแบบขั้นตอนการทำงาน	✓	✓	✓	✓
การเขียนโปรแกรม	✓	✓	✓	✓
การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์	✓	✓	✓	✓
การใช้งานเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วง	✓	✓	✓	✓

1.5 นำผลการวิเคราะห์ไปสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว เรื่อง ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน เป็นแผนระดับหน่วยการเรียนรู้ จำนวน 8 ชั่วโมง จัดการเรียนรู้ จำนวน 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รวม 8 ชั่วโมง โดยมีการวิเคราะห์ดังตาราง 14

ตาราง 14 การวิเคราะห์แผนจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

แผนที่	แผนจัดการเรียนรู้	ทักษะการคิดเชิงคำนวณ				เวลา (ชม.)
		แยกย่อยปัญหา	พิจารณารูปแบบ	คิดเชิงนามธรรม	ออกแบบขั้นตอนวิธี	
1	ผังงานการคำนวณ	✓	✓	✓	✓	2
2	เทียวนวนสัตรี	✓	✓	✓	✓	2
3	สื่อสารสัญญาณไฟ	✓	✓	✓	✓	2
4	เตือนภัยใช้สัญญาณ	✓	✓	✓	✓	2
					รวม	8

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลผลทักษะการคิดเชิงคำนวณแต่ละองค์ประกอบ ของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน เป็นดังนี้

ค่าเฉลี่ย 3.26 – 4.00	อยู่ในระดับ	ยอดเยี่ยม
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.25	อยู่ในระดับ	ดี
ค่าเฉลี่ย 1.76 – 2.50	อยู่ในระดับ	กำลังพัฒนา
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.75	อยู่ในระดับ	เริ่มต้น

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ เพื่อตรวจสอบพิจารณา และข้อเสนอแนะ แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำแผนที่ได้ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ดังนี้

1.7 ผู้เชี่ยวชาญประเมินโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามแบบประเมินของลิเคิร์ต (Likert) เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

- ระดับ 5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก
- ระดับ 4 หมายถึง มีคุณภาพดี
- ระดับ 3 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้
- ระดับ 2 หมายถึง ต้องปรับปรุง
- ระดับ 1 หมายถึง ใช้ไม่ได้

1.8 นำผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพ (Rating scale) ซึ่งมี 5 ระดับ ระดับของลิเคิร์ต (Likert) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพระดับดี

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพระดับพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยค่าความเหมาะสมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน ถือว่าเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด จำนวน 3 ท่าน มีค่าคุณภาพ ($\bar{X}=4.87$) อยู่ในระดับดีมาก (ดังภาคผนวก ฉ) โดยได้ปรับปรุง ด้านสาระสำคัญให้มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและมีความชัดเจนเข้าใจง่ายน่าสนใจมากยิ่งขึ้น และด้านการจัดกิจกรรมได้ปรับปรุงให้สอดคล้องกับเนื้อหา ระยะเวลาที่สอน สภาพแวดล้อมและเกณฑ์การให้คะแนน

1.9 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ฉบับสมบูรณ์

2. แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

2.1. ศึกษาทฤษฎี หลักการ แนวคิดและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะครอบคลุมองค์ประกอบทักษะการคิดเชิงคำนวณประกอบด้วย 1) การแยกย่อยปัญหา 2) การพิจารณารูปแบบ 3) การคิดเชิงนามธรรม และ 4) การออกแบบขั้นตอนวิธี

2.2. สร้างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 1 ฉบับ เป็นแบบทดสอบการวัดทักษะปฏิบัติ กำหนดการให้คะแนนเป็นแบบรูบริก (Rubric Scoring) แบบ 4 ระดับ เป็นแบบทดสอบวัดทักษะปฏิบัติ จำนวน 1 สถานการณ์ เป็นสถานการณ์ที่แสดงถึงปัญหาโดยให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติโดยใช้ความรู้เรื่องการใช้งานระบบสมองกลฝังตัวในการออกแบบวิธีการและแก้ปัญหาโดยมีการกำหนดประเด็นที่ใช้ในการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ กำหนดการให้คะแนนเป็นแบบรูบริก (Rubric Scoring) 4 ระดับ มีองค์ประกอบดังตาราง 15

ตาราง 15 การกำหนดประเด็นที่ใช้ในการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ

องค์ประกอบ	จุดมุ่งหมายของการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ
1. การแยกย่อยปัญหา	ระบุและจำแนกปัญหาหรืองานจากการวิเคราะห์สาเหตุ ปัจจัยหรือความต้องการได้
2. การพิจารณารูปแบบ	พิจารณารูปแบบปัญหาหรืองานที่สอดคล้องสัมพันธ์กันได้
3. การคิดเชิงนามธรรม	เขียนแสดงรูปแบบ แผนภาพหรือสัญลักษณ์แทนของข้อมูลได้
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	ออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาหรือดำเนินงานได้

2.3 นำแบบทดสอบและเกณฑ์การวัดประเมินผลที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

2.4 นำผลแบบทดสอบที่ได้ปรับปรุงและแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านเพื่อประเมินความสอดคล้อง

2.5 เกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์

2.6 นำการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่าค่าความเที่ยงตรงโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเท่ากับ 1.00 ทุกรายการ (ดังภาคผนวก ฉ)

2.7 นำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ โดยได้ปรับปรุงในส่วนของเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความเป็นปรนัยมากยิ่งขึ้น

2.8 นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงแล้ว พิมพ์เป็นแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ แล้วนำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนธิดานุเคราะห์ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Alpha Coefficient) แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.87

2.9 จัดทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณฉบับสมบูรณ์ไปใช้ในการทดสอบและเก็บข้อมูล

3. แบบสอบถามความพึงพอใจ

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 23 ข้อ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาตำรา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

3.2 ศึกษาเทคนิค วิธีการสร้างเครื่องมือสำหรับสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการวัดโดยพิจารณาว่าจะวัดความพึงพอใจจากความรู้สึกหรือทัศนคติที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว เรื่อง ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน

3.3 กำหนดข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวประกอบด้วยความคิดเห็นในด้านครูผู้สอน ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผลการเรียน จำนวน 23 ข้อ

3.4 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว จำนวน 23 ข้อ ซึ่งประเมินโดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) ซึ่งกำหนดระดับความพึงพอใจ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจ มากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจ มาก

ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจ ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจ น้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจ น้อยที่สุด

การแปลความหมายของค่าที่วัดได้ ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ในการให้ความหมายโดยการเฉลี่ยรายช่วงและรายข้อ ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับ	มากที่สุด
3.51 – 4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับ	มาก
2.51 – 3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับ	ปานกลาง
1.51 – 2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับ	น้อย
1.00 – 1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับ	น้อยที่สุด

3.5 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมในประเด็นคำถาม เนื้อหาและองค์ประกอบอื่นๆ ให้ความสอดคล้องกับจุดประสงค์ด้านความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

3.6 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสม ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องระหว่างข้อความกับนิยามศัพท์ ความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

3.7 นำคะแนนจากการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน โดยใช้การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้า แน่ใจ ว่าข้อความนั้นสอดคล้องกับนิยามของความพึงพอใจ

ให้คะแนน 0 ถ้า ไม่แน่ใจ ว่าข้อความนั้นสอดคล้องกับนิยามของความพึงพอใจ

ให้คะแนน -1 ถ้า แน่ใจ ว่าข้อความนั้นไม่สอดคล้องกับนิยามของความพึงพอใจ

โดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือกข้อความที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 จึงจะถือว่าข้อความนั้นใช้ได้ ปรากฏว่าข้อความทั้ง 23 มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67-1.00

3.8 นำแบบสอบถามความพึงพอใจไปทดลองใช้ (try Out) หลังจากจัดการเรียนรู้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์ ของแอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ปรากฏว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.96

3.9 จัดทำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์เพื่อนำแบบสอบถามไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนของการดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. ปฐมนิเทศชี้แจงข้อตกลงในการเรียนการสอน รายละเอียดขั้นตอน และวิธีปฏิบัติในการเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลอง

2. นำกิจกรรมจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ระยะเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รวม 8 ชั่วโมง ซึ่งผ่านการประเมินและตรวจสอบแล้ว มาใช้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2
3. เมื่อดำเนินการเรียนครบทุกแผนแล้ว ดำเนินการประเมินโดยใช้แบบทดสอบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณ และให้นักเรียนทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ
4. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยจะนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลแยกเป็นประเด็นดังต่อไปนี้

1. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ
 - 1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว โดยหาค่าความเหมาะสม
 - 1.2 แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ
 - 1) ค่าความเที่ยงตรงโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
 - 2) ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient)
 - 1.3 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว
 - 1) ค่าความเที่ยงตรงโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
 - 2) ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient)
3. สถิติทดสอบสมมติฐาน
 - 3.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
 - 3.2 สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบการวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80 โดยใช้ สถิติการทดสอบที (One Sample t-test)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าเรื่องผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ผลการศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80 และตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

การศึกษาผลการศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระหว่างเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้ใบงานสถานการณ์ปัญหา จำนวน 4 สถานการณ์ โดยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 16

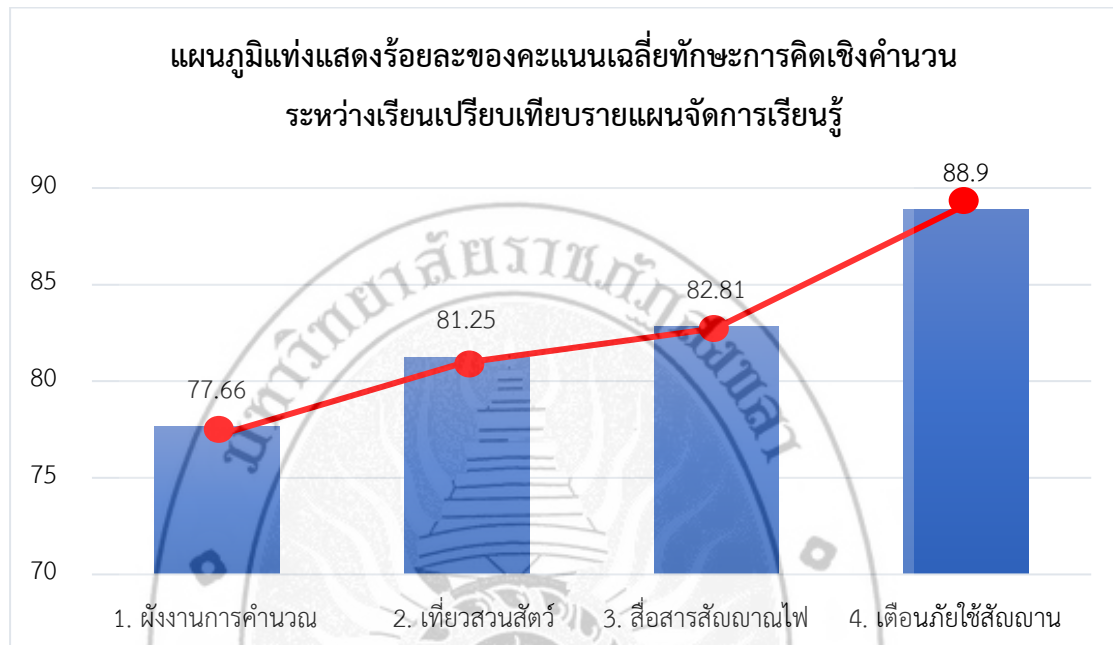
ตาราง 16 คะแนนเฉลี่ยและร้อยละของทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว (n = 40)

แผนจัดการเรียนรู้ สถานการณ์ที่	คะแนนเฉลี่ยทักษะการคิด เชิงคำนวณ				$\bar{X}$	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. เตือนภัยใช้ สัญญาณ	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 16 พบว่าผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยภาพรวม อยู่ในระดับยอดเยี่ยม ($\bar{X} = 3.31$) คิดเป็นร้อยละ 82.66 เมื่อพิจารณารายสถานการณ์พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 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 นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับดี จำนวน 1 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1 ผังงานการคำนวณ ($\bar{X} = 3.11$) คิดเป็นร้อยละ 77.66

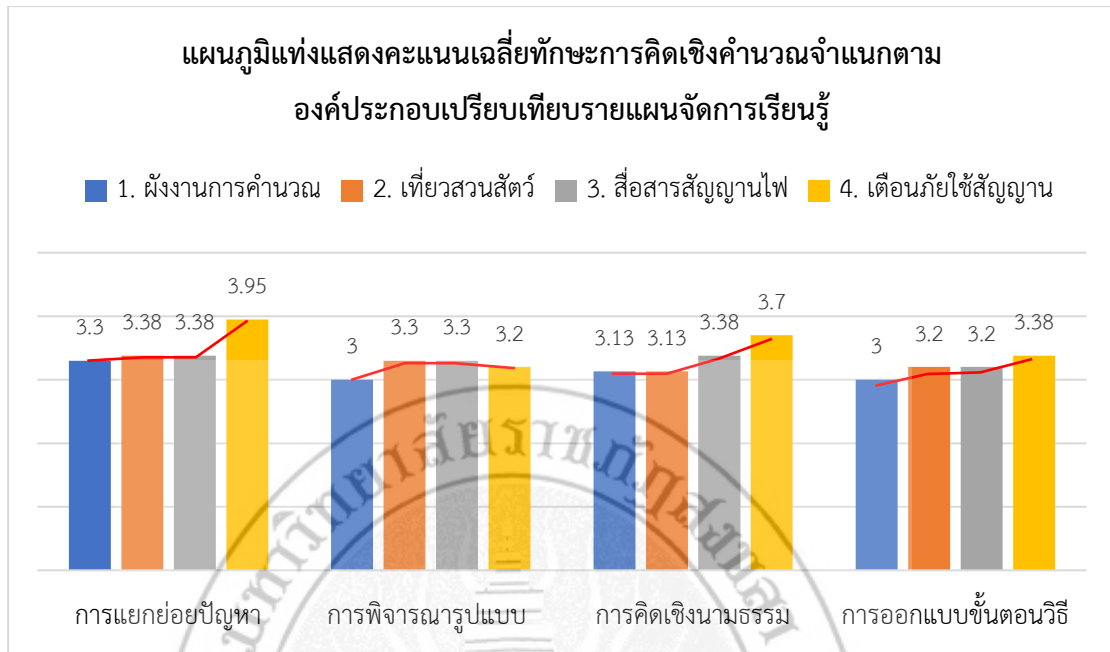
ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมาสร้างเป็นแผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มทักษะการคิดเชิงคำนวณ พบว่านักเรียนมีระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณที่สูงขึ้นตามลำดับ จากแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 ผังงานการคำนวณ ร้อยละ 77.66 แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2

เที่ยวสวนสัตว์ ร้อยละ 81.25 แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 สื่อสารสัญญาณไฟ ร้อยละ 82.81 และแผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 เตือนภัยใช้สัญญาณ 88.90 แสดงดังภาพ 14



ภาพ 14 แผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างเรียน
เปรียบเทียบรายแผนจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงคำนวณแต่ละองค์ประกอบมาสร้างแผนภูมิแท่งเพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มของแต่ละแผนจัดการเรียนรู้ พบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงคำนวณสูงขึ้นหรือเท่ากันตามลำดับการจัดการเรียนรู้ได้แก่ ทักษะการแยกย่อยปัญหา การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี ส่วนในองค์ประกอบของการพิจารณารูปแบบพบว่าระดับคะแนนเฉลี่ยแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3 และสูงขึ้นในแผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 และ 3 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 3.30 และต่ำลงในแผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 คะแนนเฉลี่ย 3.20 แสดงดังภาพ 15



ภาพ 15 แผนภูมิแท่งแสดงคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงคำนวณจำแนกตามองค์ประกอบ
เปรียบเทียบรายแผนจัดการเรียนรู้

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80

ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบทักษะการคิดเชิงคำนวณเพื่อทดสอบและเก็บผลหลังจากที่นักเรียนได้เรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวครบทั้ง 4 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ รวม 8 ชั่วโมง แบบทดสอบเป็นแบบวัดทักษะปฏิบัติโดยมีสถานการณ์ปัญหาและให้นักเรียนใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณทั้ง 4 องค์ประกอบในการตอบคำถามแต่ละด้าน โดยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 17

ตาราง 17 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 16 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

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

โดยเก็บข้อมูลจากนักเรียนที่ได้เรียนรู้ครบทั้ง 4 แผน ภายหลังจากทดสอบทักษะการคิดเชิงคำนวณ โดยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงดังตาราง 18

ตาราง 18 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ (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
ด้านเนื้อหา		4.29	0.26	มาก
6	เนื้อหามีความน่าสนใจ	4.03	0.71	มาก
7	เนื้อหาความทันสมัย	4.61	0.62	มากที่สุด
8	เนื้อหาเหมาะสมกับระดับความรู้ ความสามารถของนักเรียน	4.13	0.72	มาก
9	เนื้อหามีการบูรณาการศาสตร์ความรู้ที่หลากหลาย	4.39	0.72	มาก

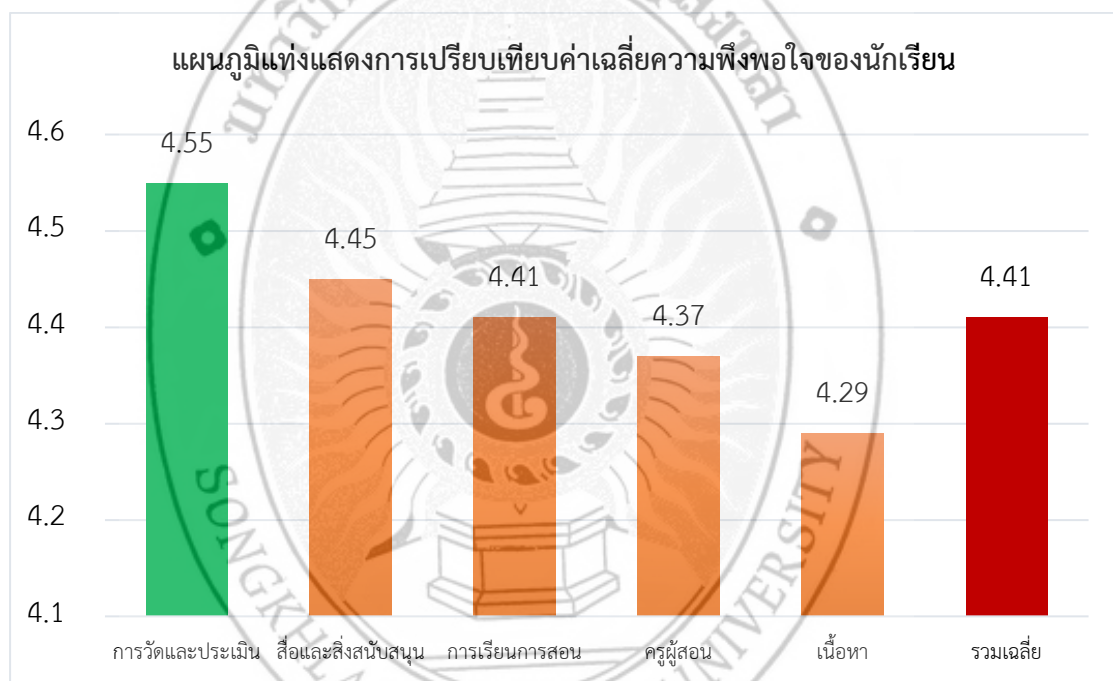
ตาราง 18 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
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	นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในการออกแบบวงจร	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 เทคโนโลยีและกิจกรรมการเรียนการสอนมีความหลากหลาย	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 18 พบว่าความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.41$) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านการวัดและประเมินผล

การเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.55$) 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

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลค่าเฉลี่ยรวมแต่ละด้านและค่ารวมเฉลี่ยทุกด้านจากตารางข้างต้น มาจัดทำแผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการวัดและประเมินผลสูงที่สุดและอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.55 รองลงมาคือด้านสื่อและสิ่งสนับสนุน ด้านการเรียนการสอน ด้านครูผู้สอน และด้านเนื้อหา โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.45, 4.41, 4.37 และ 4.29 ตามลำดับ และมีค่ารวมเฉลี่ยทุกด้านที่ 4.41 ซึ่งอยู่ในระดับ มาก ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียน

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ ตามลำดับ ดังนี้

สรุปผล

การศึกษาในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) ศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว 2) เปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80 และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนธิดานุเคราะห์ จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 135 คนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 40 คน ซึ่งใช้วิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว เรื่อง ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน จำนวน 4 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง ระยะเวลา 4 สัปดาห์ รวม 8 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 1 ฉบับ และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 ฉบับ ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และสถิติในการทดสอบสมมติฐานได้ใช้การทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One Sample t-test) โดยผลการวิจัยสามารถสรุปผล ดังนี้

1. ทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวโดยภาพรวมส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับยอดเยี่ยม ($\bar{X} = 3.31$) คิดเป็นร้อยละ 82.66 ระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับตามแผนจัดการเรียนรู้

2. ทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวกับเกณฑ์ร้อยละ 80 โดยภาพรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X} = 3.46$) คิดเป็นร้อยละ 86.41 เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จำนวน 2 องค์ประกอบ ได้แก่ การพิจารณารูปแบบ และการคิดเชิงนามธรรม และมีองค์ประกอบที่ไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 จำนวน 2 องค์ประกอบ ได้แก่ การแยกย่อยปัญหาและการออกแบบขั้นตอนวิธี

3. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.41$) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านการวัดและประเมินผลการเรียน ($\bar{X} = 4.55$) และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก จำนวน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านครูผู้สอน และด้านเนื้อหา โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.45, 4.41, 4.37 และ 4.29 ตามลำดับ

อภิปรายผล

ผู้วิจัยขอเสนอการอภิปรายตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. ทักษะการคิดเชิงคำนวณระหว่างจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวโดยภาพรวมส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับยอดเยี่ยม ($\bar{X} = 3.34$) คิดเป็นร้อยละ 83.42 ระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวช่วยให้นักเรียนร่วมกันศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่มีความท้าทาย สอดคล้องกับชีวิตจริงและเป็นสิ่งใกล้ตัวของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงทักษะความรู้ ด้านการออกแบบขั้นตอนการทำงาน การเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการใช้งานเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงในระบบสมองกลฝังตัวสู่การใช้งานจริงได้อย่างเป็นรูปธรรม ฝึกทักษะการเรียนรู้และแสวงหาความรู้ร่วมกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ด้วยกระบวนการกลุ่ม จนได้มาซึ่งวิธีการและแนวทางในการแก้ปัญหาซึ่งสามารถนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมต่อไป สอดคล้องกับการวิจัยของ Lopez-Parra (2023) ที่ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง

วิศวกรรมบูรณาการร่วมกับทักษะการคิดเชิงคำนวณเพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหาในแต่ละสถานการณ์ส่งผลให้นักเรียนมีแนวโน้มพัฒนาการที่สูงขึ้นตามลำดับ

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

2. ทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X} = 3.46$) คิดเป็นร้อยละ 86.41 ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวมีขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์แยกย่อยปัญหาและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาใหญ่กับปัญหาย่อยตามเหตุปัจจัยของแต่ละสถานการณ์ ส่งเสริมความสามารถในการพิจารณารูปแบบของปัญหาเพื่อออกแบบขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหา สามารถเขียนภาพร่างหรือใช้สัญลักษณ์เพื่อแสดงกระบวนการทำงานและออกแบบผลงานได้โดยใช้ความสามารถในการคิดเชิงนามธรรมและสามารถนำเสนอแนวคิดวิธีการได้อย่างถูกต้องเหมาะสม อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมทักษะการออกแบบขั้นตอนการทำงาน การเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจร อิเล็กทรอนิกส์และการใช้เซนเซอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงในระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้กระบวนการกลุ่มในการจัดการเรียนรู้และร่วมกันแก้ปัญหา จนได้ผลลัพธ์เป็นแนวทางการสร้างสรรค์นวัตกรรม ดังที่ เบญจมาศ รอดวงษ์ (2565: 44-58) ได้กล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีการนำประเด็นสถานการณ์ปัญหาจริงในชีวิตประจำวันที่ไม่ซับซ้อนสามารถส่งเสริมการทักษะการแก้ปัญหาและช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดในมุมมองของผู้ผลิตหรือนวัตกรรม และวินิตย์ พิขพันธ์ (2563: 78) ยังได้กล่าวไว้อีกว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยระบบสมองกลฝังตัวจะช่วยเพิ่ม

ศักยภาพทางด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การคิดวิเคราะห์อย่างสร้างสรรค์ ความเป็นนวัตกรรม สอดคล้องกับการวิจัยของสุมัยยะ สาแ (2566: 98) ที่ได้ศึกษาและพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้ หุ่นยนต์ที่มีส่วนประกอบของระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ พบว่านักเรียนมี คะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และสอดคล้อง กับงานวิจัยของ Nannim et al. (2023: 1-12) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้หุ่นยนต์บอร์ดสมอง กลฝังตัวอาดูโน่ (Arduino) พบว่านักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ

เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ได้แก่ การพิจารณารูปแบบ และการคิดเชิงนามธรรม องค์ประกอบที่ไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ได้แก่ การแยกย่อยปัญหาและการออกแบบขั้นตอนวิธี โดยมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 80 เท่ากับเกณฑ์ ทั้งนี้เป็นเพราะรูปแบบของสถานการณ์ปัญหาที่ใช้ใน การจัดการเรียนรู้มีความแตกต่างและซับซ้อนตามเนื้อหาสถานการณ์ ส่งผลให้การแยกย่อยปัญหาต้องใช้ ความรู้จากศาสตร์อื่นๆ หรือประสบการณ์ของนักเรียนที่มีความแตกต่างกันมาใช้ในการวิเคราะห์ หากนักเรียนแยกย่อยปัญหาหรือพิจารณารายละเอียดสถานการณ์จากข้อมูลที่ได้รับไม่ครบถ้วนก็จะ ส่งผลให้การออกแบบขั้นตอนวิธีมีความไม่สมบูรณ์ตามไปด้วย ผลการวิจัยดังกล่าวถึงแม้ว่าคะแนนเฉลี่ย ร้อยละจะไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 แต่ยังอยู่ในระดับที่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของสุมัยยะ สาแ (2566) ที่ได้ศึกษาและพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้หุ่นยนต์ ที่มีส่วนประกอบของระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ พบว่านักเรียนมีคะแนน ทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ในทุกองค์ประกอบ

3. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.41$) ด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ ในระดับมากที่สุดคือด้านการวัดและประเมินผลการเรียน ($\bar{X} = 4.55$) เนื่องจากในการประเมินผล ระหว่างเรียน (Formative) ครูจะแจ้งผลให้นักเรียนทราบเป็นระยะ ซึ่งนักเรียนมีโอกาสนั่นคว้า ปรับแก้ หรือขอคำปรึกษาระหว่างเรียนได้ ส่งผลให้นักเรียนรู้สึกมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา ตนเองร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน ในด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ($\bar{X} = 4.45$) ด้านกิจกรรม การสอน ($\bar{X} = 4.41$) ด้านครูผู้สอน ($\bar{X} = 4.37$) และด้านเนื้อหา ($\bar{X} = 4.29$) นักเรียนมีความพึงพอใจ อยู่ในระดับมาก โดยในการจัดการเรียนรู้ครูได้จัดเตรียมสื่ออุปกรณ์ คอมพิวเตอร์ ระบบสัญญาณ อินเทอร์เน็ตและศึกษาการใช้งานซอฟต์แวร์มาเป็นอย่างดีเพื่อให้คำแนะนำและแก้ปัญหาให้กับนักเรียน จัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันมากที่สุดทั้งในด้านการคิด การทำงาน

และการช่วยเหลือกัน โดยจัดทำใบงานให้นักเรียนแต่ละคนสามารถทำงานร่วมกันได้ผ่านระบบ Google Document, Google Slide, Google Class Room, Thinkercad และโปรแกรมอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการใช้งานในการออกแบบและทำใบงาน โดยครูคอยให้การช่วยเหลือเมื่อนักเรียนประสบปัญหาหรือต้องการคำแนะนำ

ทั้งนี้ จากการที่ผู้วิจัยได้สังเกตการร่วมกิจกรรมของนักเรียนระหว่างการวิจัยภาคสนาม พบว่านักเรียนมีความตั้งใจสูงและมีความมุ่งมั่นเพื่อการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม จึงส่งผลให้ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริพร เครือทอง และณัฐกรญจน์ สีสุขสาม (2563: 1) ที่ได้ศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และงานวิจัยของฤทัย ประทุมทอง (2563: 1) ที่ได้ศึกษาเรื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัว ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูผู้สอนที่ต้องการนำแผนจัดการเรียนรู้จากการวิจัยในครั้งนี้ไปปรับใช้ จะต้องแน่ใจว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการใช้งานระบบสมองกลฝังตัวมาแล้วเป็นอย่างดี เนื่องจากการนำความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนมาต่อยอดและประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมได้

1.2 ครูผู้สอนต้องมีการจัดเตรียมสื่อ ระบบคอมพิวเตอร์ และสัญญาณอินเทอร์เน็ตเพื่ออำนวยความสะดวกต่อการทำงานร่วมกันของนักเรียน เช่นการทำงานผ่าน Google Sheet, Google Slide, Google Document และ Thinkercad เป็นต้น ทั้งนี้ครูผู้สอนเองต้องมีความเชี่ยวชาญด้านการใช้งานระบบคอมพิวเตอร์และระบบสมองกลฝังตัวเป็นอย่างดี และควรจัดเตรียมสื่ออุปกรณ์หรือแนวทางการสอนที่สามารถใช้ทดแทนกันได้ หากเกิดปัญหาด้านระบบคอมพิวเตอร์และการใช้งานระบบสมองกลฝังตัว

1.3 ประเภทของระบบสมองกลฝังตัวที่นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการเรียนรู้ ควรเลือกใช้ชนิดที่มีระบบจำลองการทำงาน (Simulator) เช่น Kidbright, Arduino หรือ IPST เพื่อง่ายต่อการสาธิตการใช้งาน

1.4 ในการวัดและประเมินผลระหว่างการจัดการเรียนรู้ครูควรประเมินผลระหว่างจัดการเรียนรู้ ตามองค์ประกอบของทักษะการคิดคำนวณแต่ละด้านและแจ้งผลให้นักเรียนทราบเป็นระยะ เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาตนเองในคาบเรียน โดยนักเรียนสามารถขอคำแนะนำจากครู จากเพื่อนในกลุ่ม หรือจากเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อพัฒนาทักษะและผลงานของตนเอง

1.5 จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว 6 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การกำหนดสถานการณ์ปัญหาจะเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากขั้นตอนนี้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์และแยกย่อยปัญหา แล้วนำไปสู่การกำหนดขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาและขั้นตอนอื่นต่อไป หากครูผู้สอนหรือผู้สนใจจะนำวิธีการจัดการเรียนรู้ไปใช้ จะต้องคำนึงถึงการกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานและประสบการณ์เดิมของนักเรียนด้วย

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาวิจัยผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว โดยศึกษาการเปรียบเทียบผลการใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น ชนิด จำนวนเซนเซอร์ ลักษณะการส่งสัญญาณ หรือประเภทการใช้งาน

2.2 ควรมีการศึกษาวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ที่มีผลต่อตัวแปรตามอื่น เช่น ทักษะการเขียนโปรแกรม ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

2.3 ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ด้วยวิธีการอื่น ๆ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นต้น

2.4 ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของทักษะการคิดเชิงคำนวณในองค์ประกอบ การแยกย่อยปัญหา และองค์ประกอบการออกแบบขั้นตอนวิธี แม้จะมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่ยังไม่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในการวิจัยครั้งนี้ คือ ร้อยละ 80 ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไป จึงควรพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในองค์ประกอบเหล่านี้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นต้น



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ
- กฤษฎดา ชุสินธุมาวุฒิ. (2557). รอบรู้เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คืออะไร. *สสวท.* 42(190), 37-41.
- จักรกฤต ภูซงศ์ประเวศ. (2566). ผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. *Journal of Education Studies.* 51(1), 1-13.
- ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล. (2563). **แนวคิดเชิงคำนวณ** (Online). <https://www.scimath.org/lesson-technology/item/10560-2019-08-28-02-43-20>, 25 กุมภาพันธ์ 2566.
- ชยการ ศิริรัตน์. (2019). การใช้กระบวนการแก้ปัญหาและโปรแกรม App Inventor พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking: CT) สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา. *Journal of Education Studies.* 47(2), 31-47.
- ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์. (2561). ผลการใช้กลุ่มสืบสอบร่วมกับเครื่องมือการเรียนรู้ร่วมกันออนไลน์ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*
- ธิตวิวัฒน์ ทองคำ. (2063). **การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาการคำนวณแบบผสมผสานร่วมกับวิซวลโปรแกรมมิ่ง เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเพชรบุรีเขต 1**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษามหาวิทยาลัยศิลปากร.

- นฤมล ปูปินตา. (2563). การพัฒนาสื่อการสอน Coding Unplug เรื่อง การใช้เหตุผลเชิงตรรกะ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. (Online). https://pubhtml5.com/nrfd/vnkf/basic/#google_vignette, 23 กุมภาพันธ์ 2563.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- เบญจมาศ รอดวงษ์, เอกรัตน์ ทานาค, สุธาร์ตน์ โชติกประสงค์ และเบญจพร สาภักดี อัดัมส์ (2565). การบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องวงจรไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนระดับประถมศึกษา. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. 6 (3), 44–58.
- ปรานวดี อุณญาติ (2564). ผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พัชราภรณ์ จารุพันธ์. (2563). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับหุ่นยนต์ mBot วิชาวิทยาการคำนวณ เพื่อส่งเสริมการใช้ความคิดเชิงตรรกะและการแก้ปัญหาเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *Humanities, Social Sciences, and Arts*. 12(6), 2425–2441.
- เพียงขวัญ แก้วเรือง. (2564). การศึกษาการคิดเชิงคำนวณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เรื่องการใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม: การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ไพรวัลย์ คิวสุทรเนตร. (2565). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ที่ส่งเสริมการใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการเขียนโค้ดตั้ง (Coding) โดยใช้หุ่นยนต์เป็นสื่อเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักการศึกษา.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2540). *ทฤษฎีและแนวปฏิบัติในการบริหารการศึกษา*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- มาโนชญ์ แสงศิริ. (2562). *Arduino ผู้นำด้านฮาร์ดแวร์และระบบนิเวศซอฟต์แวร์แบบเปิดระดับโลก* (Online). <https://www.scimath.org/article-technology/item/9815-arduino>, 23 กุมภาพันธ์ 2565.

- มูสตากิม อาแว, ญาสุมิน วรกิจจานนท์, ปิยพร ศักดิ์ภิรมย์ และพงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ. (2562). การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติและเทคโนโลยีในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ยุคใหม่โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. 47(3), 309-327.
- ยุภารัตน์ พิซสิงห์. (2564). การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเครือข่ายสังคมออนไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 16(1), 40-52.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542*. กรุงเทพมหานคร: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- โรงเรียนธิดานุเคราะห์. (2565). *หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนธิดานุเคราะห์ พุทธศักราช 2565*. สงขลา: โรงเรียนธิดานุเคราะห์
- ฤทัย ประทุมทอง. (2563) การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน รายวิชาระบบสมองกลฝังตัวสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*. 17 (2), 1-11.
- วินิตย์ พิซพันธ์. (2563). รูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเพื่อพัฒนาโครงงานคอมพิวเตอร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. *วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*.
- วิรุฬห์ สิทธิเขตรกรณ์. (2564). การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยกิจกรรมการเรียนรู้สื่อบะเสาะแบบ 5Es ร่วมกับบอร์ดเกมและการเขียน Formula Coding เรื่อง ประชากร ในสถานการณ์ระบบ COVID-19 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. การค้นคว้าอิสระ การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ศิริรัฐ อิมแซม และใจทิพย์ ณ สงขลา. (2563). ผลของการใช้แพลตฟอร์มที่มีการช่วยเสริมศักยภาพการเรียนรู้ออนไลน์ที่มีต่อการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีบุคลิกภาพที่แตกต่างกัน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ*. 13(1), 45-57.
- ศิริพร เครือทอง และณัฐกาญจน์ ลีสุขสาม. (2563). การศึกษาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *ศาสตร์การศึกษาและการพัฒนามนุษย์*. 4 (1), 78-91.

- ศุภมาส แสน์โคก. (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (2561). สนุก Kids สนุก Code กับ KidBright. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (2563). คู่มือประกอบการอบรมโครงการค่ายอิเล็กทรอนิกส์และสารสนเทศ. ปทุมธานี: งานพัฒนากำลังคนด้านอิเล็กทรอนิกส์และสารสนเทศ (HRDS).
- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (2564). KidBright Series. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตร เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.). สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Online). https://designtechnology.ipst.ac.th/?page_id=1082, 22 กุมภาพันธ์ 2567.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). หนังสือเสริมการเรียนรู้ การออกแบบและเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2564). "KidBright" สร้างแรงบันดาลใจสู่อนาคต (Online). https://www.nstda.or.th/home/performance_post/kidbright-inspires/, 22 กุมภาพันธ์ 2566.

- สุธิดา การมี. (2565). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการแก้ปัญหา (Online). <https://www.scimath.org/article-science/item/12485-1-2>, 23 กุมภาพันธ์ 2566.
- สุพิชญ์ ศรีโคตร. (2559). การพัฒนาชุดฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมผู้เรียนเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยอุปกรณ์ Raspberry Pi. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- สมัยยะ สาแ. (2566). การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับวิทยาการหุ่นยนต์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- สุวิมล สาสังข์. (2562). ผลการจัดกิจกรรมเสริมศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มี ต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาประถมศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อภิชาติ อนุกุลเวช. (2551). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนฝึกปฏิบัติทางเทคนิคบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับนักเรียนอาชีวศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Angevine, C. (2017). Advancing Computational Thinking Across K-12 Education (Online). <https://digitalpromise.org/2017/12/06/advancing-computational-thinkingacross-k-12-education/>, February 15, 2018.
- Applewhite, P. B. (1965). Organization Behavior Englewood Cliffs. New York: Prentice Hall.
- Baker, E., Trygg, B., Otto, P., Tudor, M., and Ferguson, L. (2011). Project-based learning model relevant learning for 21st century. Washington, D.C.: Pacific Education Institute.
- Barefoot, C. A. S. (2014). Computational thinking (Online). <https://barefootcas.org.uk/wpcontent/uploads/2014/10/Computational-thinking-Barefoot-Computing.pdf>, February 15, 2023.
- Barefoot, C. A. S. (2014). Computational thinking (Online). <https://barefootcas.org.uk/wpcontent/uploads/2014/10/Computational-thinkingBarefoot-Computing.pdf>, February 23, 2023.

- Brackmann, C. P., Romn-Gonzalez, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A. and Barone, D. (2017). Development of computational thinking skills through unplugged activities in primary school. In **Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education**. 8(10), 65–72. Netherlands: King Juan Carlos University.
- Capobianco, B. M., Nyquist, C., and Tyrie, N. (2013). Shedding Light on Engineering Design. *Science and Children, ERIC*. 50(1), 58-64.
- Code Genius. (2022). **Computational Thinking** (Online). <https://codegeniusacademy.com/computational-thinking/>, January 5, 2024.
- Code.org. (2015). **Computational thinking** (Online). <https://code.org/curriculum/unplugged>. February 23, 2023.
- Cronbach, L. J. (1990) . **Essentials of Psychology Testing**. New York: Harper.
- Dolgopolas, V., Jevsikova, T., Savulioniene, L. and Dagiene, V. (2015). On evaluation of computational thinking of software engineering novice students. In *Proceedings of the IFIP TC3 Working Conference “A New Culture of Learning, Computing and next Generations*. Vilnius, Lithuania : Vilnius University. 16(1), 90-99.
- Epifani, P. M. and Yosep, D. K. (2023) Integrating STEAM Education and Computational Thinking: Analysis of Students’ Critical and Creative Thinking Skills in an Innovative Teaching and Learning. **Southeast Asia Mathematics Education**. 13(1), 1-18.
- Faber, H. H., Ven, J. S. v. d., and Wierdsma, M. D. M. (2017). **Teaching Computational Thinking to 8-Year-Olds through ScratchJr** (Online). Paper presented at the *Proceedings of the 2017 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Bologna, Italy. <https://doi.org/10.1145/3059009.3072986>, February 23, 2023.
- Fmuser. (2021). **A Brief About Embedded System** (Online). <https://th.fmuser.net/content/?9952.html>, February 23, 2023.
- Gagne, R. M. (1970). **Learning Theory, Educational Media and Individualized Instruction** (Document Resume). Office of Education. Washington, D.C: Academy for Educational Development, Inc.

- Gagne, Robert M. (1970). **The Condition of Learning**. 2nd ed. New York: Rinekert and Winstin, Inc.
- Good, C. V. (1973). Dictionary of Education. 3rd ed. New York: McGraw – Hill book Go.
- 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.
- International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA). (2007). **Standard for Technology Literacy** (Online). http://www.iteea.org/TAA/Publications/TAA_Publications.html, May 23, 2023.
- Leonard, J., Buss, A., Gamboa, R., Mitchell, M., Fashola, O. S., Hubert, T., & Almughyrah, S. (2016). Using robotics and game design to enhance children’s self-efficacy, STEM attitudes, and computational thinking skills. **Journal of Science Education and Technology**, 25(6), 860-876.
- Likert, R. (1967). **The Method of Constructing and Attitude Scale**. In Reading in Fishbein, M (Ed.), Attitude Theory and Measurement. New York: Wiley & Son
- Lopez-Parra R. D. (2023). Promoting Computational Thinking in Integrated Engineering Design and Physics Labs. **Baltimore Convention center, MD | 2023 Annual Conference & Exposition June 25 – 28, 2023**. American Society for Engineering Education.
- Mariana E. P. and Kristanto Y. D. (2030). Integrating STEAM Education and Computational Thinking Skills in an Innovative Teaching and Learning. **Southeast Asia Mathematics**. 13(1), 1-18
- Maslow, A. H. (1970). **Motivation and Personality**. New York: Harper and Row.
- Mathiphatikul, T., Bongkotphet, T and Dangudom, K. (2019). Learning management through engineering design process based on STEM education for developing creative thinking in equilibrium topic for 10th grade students. In **International Conference on Mathematics and Science Education**.
- McKenna, J. (2017). **Computational Thinking in a STEM classroom** (Online). <https://www.robomatter.com/blog-ct-in-stem-classroom/>. February 23, 2023.

- McKenna, J. (2017). **Computational thinking in STEM classroom** (Online). <https://robomatter.com/blog-ct-in-stem-classroom/>, January 5, 2024.
- Museum of Science, Boston. (2014). **Engineering in Elementary** (Online). <http://www.eie.org/>. May 23, 2023.
- Nannim, F. A., Ibezim, N. E. and Oguguo, B. C.E. (2023). **Effect of project-based Arduino robot application on trainee teachers computational thinking in robotics programming course** (Online). https://www.researchgate.net/publication/376411949_Effect_of_project-based_Arduino_robot_application_on_trainee_teachers_computational_thinking_in_robotics_programming_course, February 18, 2023.
- National Research Council (NRC). (2012). **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Idea**. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC : The National Academies Press.
- NSW Department of Education and Communities. (2011). **Designing and Producing K-12 : Technology process** (Online). http://www.curriculumsupport.education.nsw.gov.au/designproduce/tech_process.htm, May 23, 2023.
- Rodriguez, B.R. (2015). **Assessing computational in computer science unplugged activities**. Master' s thesis. Colorado School of Mines. USA.
- Sattar F. and Nawaz M. (2023). **Developing Computational Thinking in STEM Education with Drones**. (Master' thesis). Australia: Charles Darwin University.
- Simpson, D. (1972). **Teaching Physical Education : A System Approach**. Boston: Houghton Muffin Co.
- VEX Robotics. (2567). **เริ่มต้นวิศวกรรม** (Online). <https://kb.vex.com/hc/th/articles>. 23 กุมภาพันธ์ 2565.
- Wahl, B. N. (2003). Teaching Introductory College Mathematics with Learning Style Projects, **Dissertation Abstracts International**. 63(10), 3458-A
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. **COMMUNICATIONS OF THE ACM**, 49(3), 33-35.

- Wong, G., and Cheung, H.-Y. (2020). Exploring children's perceptions of developing twenty-first century skills through computational thinking and programming. **Interactive Learning Environments**. 28(5), 1-15.
- Yongyut Srusuban. (2019). **embedded system** (Online). <https://medium.com/@yongyutsrisuban/embedded-system-267ceee1665e>, February 23, 2023.







ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

1. ชื่อ - นามสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพเก้า ฦ พัทลุง
 วุฒิการศึกษา - ศีษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - การศึกษามหาบัณฑิต สาขาการวัดผลการศึกษา
 มหาวิทยาลัยทักษิณ
 ตำแหน่ง อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
 สถานที่ทำงาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
 มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
2. ชื่อ - นามสกุล คุณณัฐนันท์ น่วมทะวงษ์
 วุฒิการศึกษา ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
 มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
 ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ
 สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีเพชรสยาม
 อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
3. ชื่อ - นามสกุล คุณอภิญญา ไสทอง
 วุฒิการศึกษา ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
 มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
 ตำแหน่ง ครูผู้สอน สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจและเทคโนโลยีธุรกิจดิจิทัล
 สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีเพชรสยาม
 อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

ภาคผนวก ข
หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ



ที่ อว ๐๖๓๙.๐๗/๒๐๓



คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา ๙๐๐๐๐

๒๐ มกราคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพเก้า ณ พัทลุง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบตอบรับการเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นายเทียนชัย สังข์พันธ์ รหัส ๖๕๐๑๙๑๐๐๔ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน (ภาคพิเศษ) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิจัยค้นคว้าอิสระ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุไรศิริ ชูรักษา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นบุคคลที่มีความรู้และประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยของนักศึกษาคนดังกล่าว พร้อมนี้ได้นำส่งเครื่องมือวิจัยมาเพื่อประกอบการพิจารณาด้วยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสภณ ชัยวัฒนกุลวานิช)

คณบดีคณะครุศาสตร์

สำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์

โทร. ๐๘ ๑๘๘๘ ๑๖๕๐

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ educate@skru.ac.th

แบบตอบรับการเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ตามที่คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้ขอความอนุเคราะห์ให้ข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพเก้า ณ พัทลุง เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยของ นายเทียนชัย สังข์พันธ์ รหัส ๖๕G๑๙๑๐๐๔ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน (ภาคพิเศษ) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ซึ่งได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิจัยค้นคว้าอิสระ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕” นั้น ข้าพเจ้าทราบรายละเอียดดังกล่าวแล้ว และขอแจ้งว่า

- ☒ ยินดีเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้
- ☐ ไม่สามารถเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ได้ เนื่องจาก.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพเก้า ณ พัทลุง)

ตำแหน่ง อาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์

หน่วยงาน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา



ที่ อว ๐๖๓๙.๐๗/๒๐๔



คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา ๙๐๐๐๐

๒๐ มกราคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขอมติขอความเห็นชอบเป็นผู้อนุมัติตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน คุณณัฐนันท์ น่วมทะวงษ์

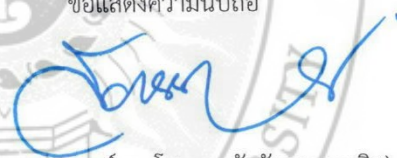
สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบตอบรับการเป็นผู้อนุมัติตรวจสอบเครื่องมือวิจัย จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นายเทียนชัย ลิ่งขพันธ์ รหัส ๖๕G๑๕๑๐๐๔ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน (ภาคพิเศษ) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการ ทำวิจัยค้นคว้าอิสระ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุไรศิริ ชูรักษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นบุคคลที่มีความรู้และประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญเป็นผู้อนุมัติตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ของนักศึกษาค้นคว้าอิสระ พร้อมนี้ได้นำส่งเครื่องมือวิจัยมาเพื่อประกอบการพิจารณาด้วยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความเห็นชอบ ขอบขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสภณ ชัยวัฒนกุลวานิช)

คณบดีคณะครุศาสตร์

สำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์

โทร. ๐๘ ๑๘๘๘ ๑๖๕๐

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ educate@skru.ac.th

แบบตอบรับการเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ตามที่คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้ขอความอนุเคราะห์ให้ข้าพเจ้า นายณัฐนนท์ น่วมทะวงษ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยของ นายเทียนชัย สังข์พันธ์ รหัส ๖๕G๑๙๑๐๐๔ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน (ภาคพิเศษ) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ซึ่งได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิจัยค้นคว้าอิสระ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕” นั้น ข้าพเจ้าทราบรายละเอียดดังกล่าวแล้ว และขอแจ้งว่า

- ☒ ยินดีเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้
- ☐ ไม่สามารถเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ได้ เนื่องจาก.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....

(นายณัฐนนท์ น่วมทะวงษ์)

ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ
หน่วยงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีเพชรสยาม



ที่ อว ๐๖๓๙.๐๗/๒๐๕



คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา ๙๐๐๐๐

๒๐ มกราคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน คุณอภิญา ไสทอง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบตอบรับการเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นายเทียนชัย สังข์พันธ์ รหัส ๖๕G๑๕๑๐๐๔ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน (ภาคพิเศษ) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิจัยค้นคว้าอิสระ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุไรศิริ ชูรักษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นบุคคลที่มีความรู้และประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยของนักศึกษาคนดังกล่าว พร้อมนี้ได้นำส่งเครื่องมือวิจัยมาเพื่อประกอบการพิจารณาด้วยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสภณ ชัยวัฒนกุลวานิช)

คณบดีคณะครุศาสตร์

สำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์

โทร. ๐๘ ๑๘๘๘ ๑๖๕๐

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ educate@skru.ac.th

แบบตอบรับการเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ตามที่คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ได้ขอความอนุเคราะห์ให้ข้าพเจ้า นางสาว อภิญญา ไสทอง เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยของ นายเทียนชัย สังข์พันธ์ รหัส ๖๕G๑๙๑๐๐๔ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน (ภาคพิเศษ) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ซึ่งได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิจัยค้นคว้าอิสระ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวที่มีผลต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕” นั้น ข้าพเจ้าทราบรายละเอียดดังกล่าวแล้ว และขอแจ้งว่า

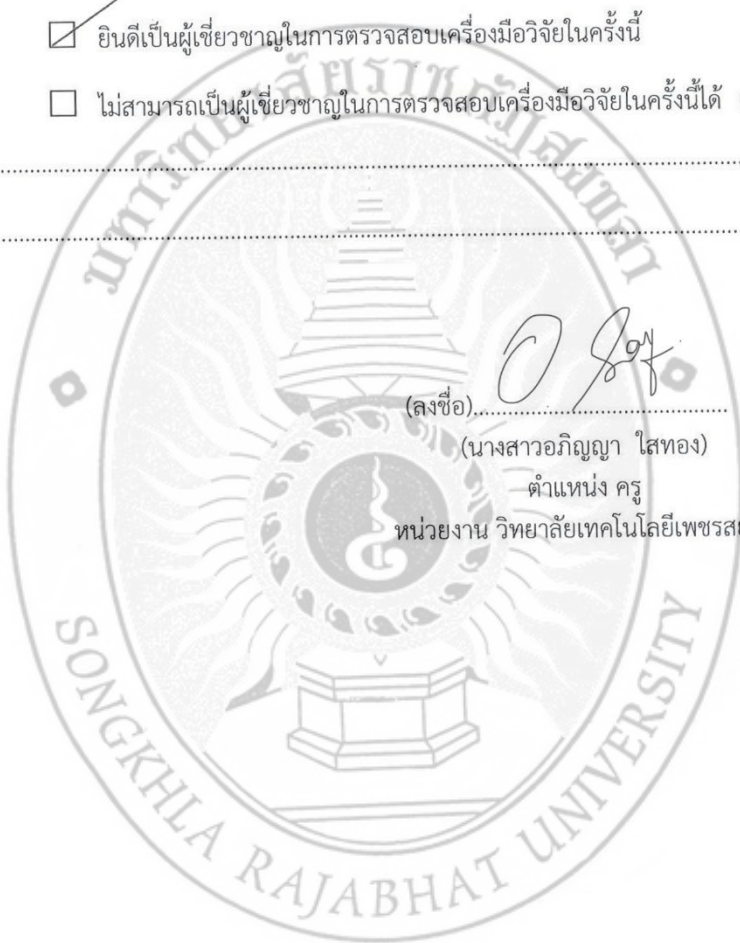
- ☒ ยินดีเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้
- ☐ ไม่สามารถเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ได้ เนื่องจาก.....

(ลงชื่อ).....

(นางสาวอภิญญา ไสทอง)

ตำแหน่ง ครู

หน่วยงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีเพชรสยาม



ภาคผนวก ค
แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบ
เชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว
เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน

การออกแบบและเทคโนโลยี

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เวลาเรียน 8 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

- ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
- ว 4.1 ม.5/1 ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากศาสตร์ต่างๆ รวมทั้งทรัพยากรในการทำโครงการเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน

2. สาระการเรียนรู้แกนกลาง

การทำโครงการ เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากศาสตร์ต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากร ในการสร้างหรือพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อแก้ปัญหาหรืออำนวยความสะดวกในการทำงาน

การทำโครงการออกแบบและเทคโนโลยีสามารถดำเนินการได้โดยเริ่มจาก การสำรวจ สถานการณ์ปัญหาที่สนใจ เพื่อกำหนดหัวข้อโครงการ แล้วรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 3.1 ระบุและจำแนกปัญหาหรืองานจากการวิเคราะห์สาเหตุ ปัจจัยหรือความต้องการได้
- 3.2 พิจารณารูปแบบปัญหาหรืองานที่สอดคล้องสัมพันธ์กันได้
- 3.3 เขียนแสดงรูปแบบ แผนภาพหรือสัญลักษณ์แทนความหมายของข้อมูลได้
- 3.4 ออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาหรือดำเนินงานได้

4. ความรู้เดิมที่ผู้เรียนต้องมี

หลักการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น ได้แก่ หลักเกณฑ์ของภาษาโปรแกรม และระบบการทำงานของคอมพิวเตอร์ โครงสร้างและวิธีการใช้คำสั่งของภาษา C และ C++ ชนิดข้อมูล การดำเนินการทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ การกำหนดตัวแปร การออกแบบอัลกอริทึม การเขียนผังงาน (Flow Chart) และการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้

ทักษะความรู้เรื่องระบบสมองกลฝังตัว ได้แก่ การออกแบบขั้นตอนการทำงาน การเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การใช้งานเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วง ส่วนประกอบของระบบสมองกลฝังตัว การใช้งาน Simulator จำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการใช้งานระบบสมองกลฝังตัว Arduino UNO บนเว็บไซต์ Tinkercad

5. สารสำคัญ

การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาอย่างรอบด้านภายใต้กรอบความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ร่วมกับศาสตร์อื่น ๆ รวมทั้งการใช้กระบวนการออกแบบร่วมกับความรู้และทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อพิจารณากิจกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์และบริบทต่าง ๆ การวิเคราะห์และเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการพัฒนากระบวนการซึ่งจะนำไปสู่การต่อยอดเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาโครงงานนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณ

6. กิจกรรมจัดการเรียนรู้

- | | | |
|-------------------------|-------------------|-------------|
| กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 | ผังงานการคำนวณ | (2 ชั่วโมง) |
| กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 | เทียวนวนสัตร | (2 ชั่วโมง) |
| กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 | สื่อสารสัญญาณไฟ | (2 ชั่วโมง) |
| กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 | เตือนภัยใช้สัญญาณ | (2 ชั่วโมง) |

7. วิธีจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process)

- ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)
- ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)
- ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)
- ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)
- ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน
(Testing, Evaluation and Design Improvement)
- ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 ผังงานการคำนวณ (จำนวน 2 ชั่วโมง)

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1.1 ระบุและจำแนกปัญหาโดยใช้ผังงานได้
- 1.2 พิจารณารูปแบบปัญหาหรืองานที่สอดคล้องสัมพันธ์โดยใช้ผังงานได้
- 1.3 เลือกใช้สัญลักษณ์ผังงานเพื่อแทนความหมายของกระบวนการได้
- 1.4 เขียนผังงานตามขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาหรือดำเนินงานได้

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

1.1 ครูสนทนากับนักเรียนเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องการทำงานและนวัตกรรมที่ต้องใช้ความรู้จากศาสตร์ต่างๆ แล้วสาธิตการเขียนผังงานโปรแกรมหาพื้นที่สามเหลี่ยมนักเรียนชมการสาธิตและปฏิบัติตามโดยใช้สื่อคอมพิวเตอร์

1.2 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 3-4 คน แล้วกำหนดเป็นใบงานสถานการณ์ที่ 4.1 ผังงานการคำนวณ โดยให้นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มมาจับฉลากเพื่อเลือกรูปเรขาคณิต ประกอบด้วย รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมด้านขนาน สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน สี่เหลี่ยมรูปร่าง สี่เหลี่ยมคางหมู วงกลม รูปห้าเหลี่ยมด้านเท่า รูปหกเหลี่ยมด้านเท่าและรูปแปดเหลี่ยมด้านเท่า

1.3 ครูให้นักเรียนระบุความแตกต่างของการเขียนผังงานการหาพื้นที่รูปสามเหลี่ยมและรูปเรขาคณิตที่ได้รับแล้วระบุปัญหาเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงจากสถานการณ์การหาพื้นที่รูปเรขาคณิตด้วยการเขียนผังงาน

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำฉลากที่จับได้มาร่วมกันระดมสมองและหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องโดยใช้การสืบค้นผ่านสื่อคอมพิวเตอร์ หรือพูดคุยแลกเปลี่ยนภายในกลุ่ม ข้อมูลที่นักเรียนต้องทราบประกอบด้วย

- ชื่อรูปเรขาคณิต
- สูตรการหาพื้นที่
- ค่าคงที่ของสูตร

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

ครูให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Output) และข้อมูลนำเข้า (Input) เพื่อกำหนดตัวแปรและชนิดข้อมูลให้สอดคล้องกับการใช้งานเพื่อใช้ในการออกแบบวิธีการในการแก้ปัญหาและเขียนผังงานโดยใช้โปรแกรมนำเสนอข้อมูล

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

4.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันวางแผน กำหนดลำดับขั้นตอนการทำงานและแบ่งหน้าที่ในการเขียนผังงาน

4.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันเขียนผังงานโดยใช้โปรแกรมนำเสนอข้อมูลตามขั้นตอนและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

5.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันประเมินการเขียนผังงานโปรแกรมหาพื้นที่รูปเรขาคณิตของกลุ่มตนเองโดยการตรวจสอบกับผังงานโปรแกรมหาพื้นที่รูปสามเหลี่ยมที่ครูสาธิต ว่ามีความสอดคล้องหรือแตกต่างกันอย่างไร โดยใช้ประเด็นเปรียบเทียบ ดังนี้

- การกำหนดค่าคงที่
- การประกาศตัวแปร
- การกำหนดชนิดข้อมูล
- การวิเคราะห์ผลลัพธ์
- การกำหนดข้อมูลนำเข้า
- ขั้นตอนการประมวลผล
- ทิศทางการเขียน
- การใช้สัญลักษณ์

5.2 ครูให้นักเรียนทำการปรับปรุงแก้ไขผังงานในกรณีที่ผังงานมีข้อผิดพลาด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

6.1 ครูให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผังงานโดยใช้สื่อคอมพิวเตอร์

6.2 ครูตรวจสอบ ประเมินผล ให้ข้อมูลย้อนกลับจากการนำเสนอเป็นรายกลุ่ม

6.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปความรู้และประโยชน์ของการเขียนผังงาน

3. สื่อการเรียนรู้

1. บัตรแสดงรูปภาพชนิดตามใบงานสถานการณ์ที่ 4.1 ฝั่งงานการคำนวณ
2. สื่อนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์
3. โปรแกรมนำเสนอ
4. คู่มือการเขียนผังงาน

4. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมินผ่าน
ระบุและจำแนกปัญหาโดยใช้ผังงาน	ตรวจสอบการวิเคราะห์ผลลัพธ์และข้อมูลนำเข้า	- ใบงาน สถานการณ์ที่ 4.1	4 - ยอดเยี่ยม 3 - ดี
พิจารณารูปแบบปัญหาหรืองานที่สอดคล้องกับผังงาน	ตรวจสอบการใช้สูตรทางคณิตศาสตร์	ฝั่งงานการคำนวณ - เกณฑ์การวัดและประเมินผล	2 - กำลังพัฒนา 1 - เริ่มต้น
ใช้สัญลักษณ์ผังงานเพื่อแทนความหมายของกระบวนการ	ตรวจสอบการใช้สัญลักษณ์ผังงาน	- แบบบันทึกการให้คะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ	นักเรียนได้ ระดับคุณภาพ ระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
เขียนผังงานตามขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาหรือดำเนินงาน	ตรวจสอบขั้นตอนการทำงานตามผังงาน		

5. เกณฑ์การวัดและประเมินผล

ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
ระบุและจำแนก ปัญหาโดยใช้ผัง งาน	ระบุค่าที่ใช้ในการ คำนวณ ข้อมูล นำเข้า ผลลัพธ์ ตัวแปร ค่าคงที่ และชนิดข้อมูลได้ ครบถ้วนถูกต้อง	ระบุค่าข้อมูล นำเข้า ค่าคงที่ ผลลัพธ์ได้ ประ ประกาศตัวแปร ได้ แต่ระบุชนิด ข้อมูลไม่ได้	ระบุค่าข้อมูล นำเข้า ค่าคงที่ และผลลัพธ์ได้ แต่ไม่สามารถ ประกาศตัวแปร และชนิดข้อมูลได้	ระบุค่าข้อมูล นำเข้า ผลลัพธ์ ตัวแปร หรือ ค่าคงที่ ได้อย่าง ใดอย่างหนึ่ง
พิจารณารูปแบบ ปัญหาหรืองานที่ สอดคล้องกับผัง งาน	ระบุสูตรการ คำนวณและ ประยุกต์ใช้ได้ อย่างถูกต้อง	ระบุสูตรการ คำนวณได้แต่ไม่ สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ได้	ระบุสูตรการ คำนวณได้แต่ไม่ สอดคล้องกับการ ใช้งาน	ระบุสูตรไม่ครบ ตามองค์ประกอบ ของสูตรนั้นๆ
ใช้สัญลักษณ์ผัง งานเพื่อแทน ความหมายของ กระบวนการ	เลือกใช้ สัญลักษณ์และ เขียนแสดงได้ ถูกต้องตาม ขั้นตอนวิธี	เลือกใช้ สัญลักษณ์ได้ ถูกต้องแต่เขียน ขั้นตอนวิธีไม่ ถูกต้อง	เลือกใช้ สัญลักษณ์และ เขียนขั้นตอนวิธี ไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถ เลือกใช้ สัญลักษณ์แสดง ขั้นตอนได้
เขียนผังงานตาม ขั้นตอนวิธีเพื่อ แก้ปัญหาหรือ ดำเนินงาน	ขั้นตอนของผัง งานครบถ้วน ถูกต้องตามระบบ	ขั้นตอนของผัง งานครบถ้วนแต่ เรียงลำดับไม่ ถูกต้อง	ขั้นตอนของผัง งานไม่ครบถ้วน แต่มีการเขียน แสดงลำดับ	ขั้นตอนของผัง งานไม่ครบถ้วน และไม่มีการเขียน แสดงลำดับ

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เทียบสวนสัตว์ จำนวน 2 ชั่วโมง

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 3.1 ระบุและจำแนกปัญหาหรืองานจากการวิเคราะห์โปรแกรมได้
- 3.2 พิจารณารูปแบบปัญหาหรืองานที่สอดคล้องสัมพันธ์กับโปรแกรมได้
- 3.3 ออกแบบการแสดงผลของโปรแกรมได้
- 3.4 ออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาของโปรแกรมได้

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

- 1.1 ครูสนทนากับนักเรียนเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวที่นักเรียนสนใจ
สถานที่ที่มีการกำหนดอัตราค่าบริการ
- 1.2 ครูนำใบงานเสนอสถานการณ์ที่ 4.2 เรื่องเทียบสวนสัตว์ เป็นการทำงานผลิตผลของ
โปรแกรมแสดงอัตราค่าบริการเข้าชมสวนสัตว์เพื่อให้นักเรียนร่วมกันพิจารณา

สวนสัตว์แห่งหนึ่งเปิดให้บริการนักท่องเที่ยวเข้าชมตั้งแต่เวลา 8.30 – 17.30 น.
โดยมีการกำหนดอัตราค่าบริการเข้าชมไว้ ดังนี้

อัตราค่าบริการเข้าชมสวนสัตว์

อายุ (ปี)	ราคา (บาท)
0 – 12	เข้าชมฟรี
13 – 24	20
25 - 59	40
60 ขึ้นไป	เข้าชมฟรี

แต่ในการทำงานของโปรแกรมพบว่าโปรแกรมแสดงผลผลิตผลและไม่สามารถใช้งานได้
ทางสวนสัตว์จึงต้องใช้การออกแบบโดยใช้พนักงานตรวจสอบคัดกรองผู้เข้าชมแทน

1.3 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 2-3 คน เพื่อร่วมกันพิจารณาโปรแกรม ที่ทำงานผิดพลาดดังนี้

```

1  #include <stdio.h>
2
3  int calculateTicketPrice(int age) {
4      if (age >= 12) {
5          return 0;
6      } else if (age > 12 && age >= 24) {
7          return 20;
8      } el if (age >= 25 && age >= 60) {
9          return 40
10     } else {
11         return 0;
12     }
13 }
14
15 int main() {
16     int age, ticketPrice;
17     printf("Please enter your age: ")
18     scanf("%f", &age);
19     ticketPrice = calculateTicketPrice(age);
20     if (ticketPrice != 0) {
21         printf("You get free admission\n");
22     } else {
23         printf("You need to pay admission fee of %s THB\n", ticketPrice)
24     }
25     return 0;
26 }
27

```

ภาพ แสดงโปรแกรมที่ทำงานผิดพลาด

1.4 ครูให้นักเรียนร่วมกันตรวจสอบและพิจารณาปัญหาเพื่อแก้ไขโปรแกรมให้สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด

1.5 ครูให้นักเรียนร่วมกันระบุปัญหาที่ส่งผลให้โปรแกรมไม่สามารถทำงานได้

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

2.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันระบุสาเหตุที่ส่งผลให้โปรแกรมทำงานผิดพลาดโดยจำแนกเป็น

- 1) ข้อผิดพลาดที่เกิดจากไวยากรณ์ (Syntax Errors)
- 2) ข้อผิดพลาดที่เกิดจากตรรกะโปรแกรม (Logic Errors)
- 3) ข้อผิดพลาดในขณะที่รันโปรแกรม (Runtime Errors)

2.2 ครูอธิบายสรุปลักษณะการเกิดการทำงานผิดพลาดของโปรแกรมแต่ละประเภท

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

3.1 ครูให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น รวบรวม และพูดคุยในกลุ่มเพื่อออกแบบการเขียนโปรแกรมใหม่

3.2 ครูสอบถามแนวทางการแก้ปัญหาจากนักเรียนแต่ละกลุ่มว่าเลือกใช้วิธีการใดในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

4.1 ครูให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่เลือกใช้

4.2 ครูสังเกตและให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาแล้วเกิดปัญหาในด้านอื่น เช่น ไฟตก คอมพิวเตอร์หรือระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตขัดข้อง

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

5.1 ครูให้นักเรียนทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด ประเมินผลและปรับปรุงการแก้ไขโปรแกรม

5.2 นักเรียนตรวจสอบผลการทำงานของโปรแกรมกับวัตถุประสงค์และข้อกำหนดในการใช้งาน

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

6.1 ครูให้นักเรียนนำเสนอแนวทางการแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม

6.2 ครูให้นักเรียนนำเสนอระบบที่ได้รับการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขแล้ว

6.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายประโยชน์ของการเขียนโปรแกรมและประเภทของความผิดพลาดในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ว่ามีแนวทางการแก้ไข ปรับปรุงพัฒนา อย่างไร

6.3 ครูตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมและประเมินผลงานของนักเรียน

3. สื่อการเรียนรู้

3.1 ใบงานสถานการณ์ที่ 4.2 เทียบสวนสัตว์

3.2 สื่อนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์

3.3 โปรแกรมนำเสนอ

3.4 โปรแกรม Dev C++

3.5 คู่มือ

4. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมินผ่าน
ระบุและจำแนกปัญหาหรืองานจากการวิเคราะห์โปรแกรม	ตรวจสอบการแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม	- ใบงาน สถานการณ์ที่ 4.2 เที่ยวสวนสัตว์	4 - ยอดเยี่ยม 3 - ดี 2 - กำลังพัฒนา
พิจารณารูปแบบปัญหาหรืองานที่สอดคล้องสัมพันธ์กับโปรแกรม	สอบถามแนวทางการนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้	- เกณฑ์การวัดและประเมินผล - แบบบันทึกการให้คะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ	1 - เริ่มต้น นักเรียนได้ระดับคุณภาพระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
ระบุรูปแบบการแสดงผลของโปรแกรม	ตรวจสอบการแสดงข้อความเพื่อรับข้อมูลและแสดงผลข้อมูล	คำนวณ	
ออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาของโปรแกรม	ตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม		

5. เกณฑ์การวัดและประเมินผล

ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
ระบุและจำแนก ปัญหาหรืองานจาก การวิเคราะห์ โปรแกรม	ระบุข้อผิดพลาด ของโปรแกรมและ ทำการแก้ไขได้ ถูกต้องครบถ้วน	ระบุข้อผิดพลาด ของโปรแกรมได้ ครบถ้วน แต่ทำ การแก้ไขได้ไม่ ครบถ้วน	ระบุ ข้อผิดพลาด ของโปรแกรม ได้ไม่ครบถ้วน	ระบุ ข้อผิดพลาด ได้น้อยกว่า 3 จุด
พิจารณารูปแบบ ปัญหาหรืองานที่ สอดคล้องสัมพันธ์กับ โปรแกรม	ระบุความผิดพลาด ได้ครบทุกจุดและ จำแนกประเภทของ ความผิดพลาดได้ ครบถ้วนทุกจุด	ระบุความ ผิดพลาดได้ครบ ทุกจุดแต่จำแนก ความผิดพลาดได้ ไม่ครบทุกจุด	ระบุและ จำแนกความ ผิดพลาดไม่ ครบทุกจุด	ระบุและ จำแนกความ ผิดพลาดไม่ได้
ออกแบบการ แสดงผลของ โปรแกรม	ออกแบบส่วนติดต่อ กับผู้ใช้เพื่อรับข้อมูล และแสดงผลข้อมูล ได้ถูกต้องและง่าย ต่อการใช้งาน	ออกแบบส่วน ติดต่อกับผู้ใช้เพื่อ รับข้อมูลและ แสดงผลข้อมูลได้ ถูกต้องแต่อาจ ทำให้ผู้ใช้สับสน ได้ในบางกรณี	ออกแบบส่วน ติดต่อกับผู้ใช้ เพื่อรับข้อมูล ได้ถูกต้อง แต่ ไม่สามารถ แสดงผลลัพธ์ ได้	โปรแกรมไม่ สามารถ ติดต่อกับผู้ใช้ ได้
ออกแบบขั้นตอนวิธี เพื่อแก้ปัญหาของ โปรแกรม	โปรแกรมสามารถ ทำงานได้ตาม เงื่อนไขและขั้นตอน การใช้งาน	โปรแกรม สามารถทำงาน ตามขั้นตอนแต่ ไม่ตรงตาม เงื่อนไขที่กำหนด	โปรแกรม ทำงานได้เพียง บางขั้นตอน	โปรแกรมไม่ สามารถ ทำงานได้

ใบงานสถานการณ์ที่ 4.2

เที่ยวสวนสัตว์

ชื่อกลุ่ม

ระดับชั้น

ชื่อ - นามสกุล สมาชิก

เลขที่

1.

.....

2.

.....

3.

.....

4.

.....

คำชี้แจง พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วร่วมกันแก้ปัญหาและตอบคำถามให้ถูกต้อง

สวนสัตว์แห่งหนึ่งเปิดให้บริการนักท่องเที่ยวเข้าชมตั้งแต่เวลา 8.30 – 17.30 น.
โดยมีการกำหนดอัตราค่าบัตรเข้าชมไว้ ดังนี้

อัตราค่าบัตรเข้าชมสวนสัตว์

อายุ (ปี)	ราคา (บาท)
0 – 12	เข้าชมฟรี
13 – 24	20
25 – 59	40
60 ขึ้นไป	เข้าชมฟรี

แต่ในการทำงานของโปรแกรมพบว่าโปรแกรมแสดงผลผิดพลาดและไม่สามารถใช้งานได้ทางสวนสัตว์
จึงต้องใช้ออกบัตรโดยใช้พนักงานตรวจสอบคัดกรองผู้เข้าชมแทน

```

1  #include<studio.h>
2  int main(){
3  printf("Zoo Tickets \n");
4  char age;
5  printf("Enter age : ");
6  scanf("%d",&age);
7  if (age>=60) {
8      printf("Free\n")
9  }else if (age==25){
10     print("40 Bath\n");
11 }else if (age<=13){
12     printf(20 Bath\n");
13 }else if{
14     scanf("Free\n");
15 }
16 }

```

ภาพ แสดงโปรแกรมที่ทำงานผิดพลาด

1. ข้อผิดพลาดของโปรแกรมมีอะไรบ้างและเป็นข้อผิดพลาดประเภทใด

รายการข้อผิดพลาด		Syntax Errors	Logic Errors	Runtime Errors
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

2. โปรแกรมควรมีลำดับขั้นตอนการทำงานอย่างไร (อธิบายแสดงขั้นตอน)

.....

.....

.....

.....

3. โค้ดโปรแกรมที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง (คัดลอกโค้ดมาวาง)

.....

.....

.....

4. ผลลัพธ์ของโปรแกรมเมื่อใส่ข้อมูลอายุตามที่กำหนด ดังนี้
(ให้นักเรียนถ่ายภาพหน้าจอมาวางในใบงาน)

4.1 อายุ 12 ปี

.....

.....

4.2 อายุ 20 ปี

.....

.....

4.3 อายุ 30 ปี

.....

.....

4.4 อายุ 60 ปี

.....

.....

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 สื่อสารสัญญาณไฟ (จำนวน 2 ชั่วโมง)

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

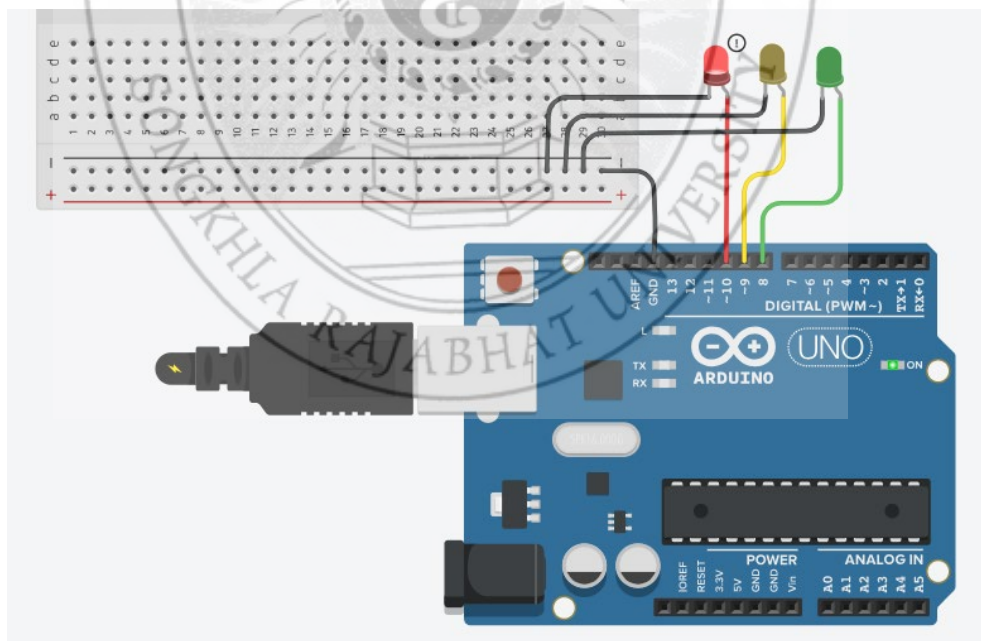
- 1.1 ระบุและจำแนกปัญหาจากการวิเคราะห์การทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้
- 1.2 พิจารณารูปแบบปัญหาหรือการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สอดคล้องกันได้
- 1.3 สร้างแบบจำลองเพื่อแสดงการเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้
- 1.4 ออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนรับชมสื่อวิดีโอทัศน์การทำงานที่ผิดพลาดของไฟจราจร และสอบถามผลกระทบที่เกิดจากการทำงานผิดพลาดของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.2 ครูนำเสนอใบงานสถานการณ์ที่ 4.3 สื่อสารสัญญาณไฟ ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่การเชื่อมต่อวงจรไฟจราจรทำงานผิดพลาดโดยที่ไฟเขียว ไฟเหลือง ไฟแดง มีอัตราการกะพริบที่เท่ากัน และการเชื่อมต่อวงจรมีสัญลักษณ์ไฟเกินกำลังของหลอด LED เพื่อให้นักเรียนร่วมกันพิจารณา



ภาพ ตัวอย่างการเชื่อมต่อวงจรที่เกิดปัญหา

1.3 ครูให้นักเรียนร่วมกับระบุปัญหาที่เกิดจากการเชื่อมต่อวงจรและปัญหาที่เกิดจากการเขียนโปรแกรม

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

2.1 ครูให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานของไฟจราจรเพื่อให้นักเรียนใช้ในประกอบการทดสอบโปรแกรม ดังนี้

ในการทดสอบการทำงานของไฟจราจร หลอดไฟแต่ละดวงจะสลับกันติดและดับ ซึ่งจะมีไฟสว่างครั้งละ 1 ดวง โดยแต่ละดวงจะมีระยะเวลาของการสว่างไม่เท่ากัน ในกรณีนี้จะให้นักเรียนทดสอบโดยกำหนดให้หลอดสีแดงสว่างเป็นเวลา 5 วินาที หลอดสีเหลืองสว่างเป็นเวลา 2 วินาทีและหลอดสีเขียวสว่างเป็นเวลา 3 วินาที

2.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาโค้ดที่ส่งผลให้ไฟจราจรทำงานผิดพลาดเพื่อใช้ประกอบการวางแผนการแก้ปัญหา

```

1 // โปรแกรมจำลองไฟจราจรด้วย Arduino Uno (รวม LED สีเหลือง)
2
3 const int redPin = 8; // ขาที่ต่อ LED สีแดง
4 const int yellowPin = 9; // ขาที่ต่อ LED สีเหลือง
5 const int greenPin = 10; // ขาที่ต่อ LED สีเขียว
6
7 void setup() {
8   pinMode(redPin, OUTPUT);
9   pinMode(yellowPin, OUTPUT);
10  pinMode(greenPin, OUTPUT);
11 }
12
13 void loop() {
14   digitalWrite(redPin, HIGH);
15   digitalWrite(yellowPin, LOW);
16   digitalWrite(greenPin, LOW);
17   delay(1000);
18
19   digitalWrite(redPin, LOW);
20   digitalWrite(yellowPin, HIGH);
21   digitalWrite(greenPin, LOW);
22   delay(1000);
23
24   digitalWrite(redPin, LOW);
25   digitalWrite(yellowPin, LOW);
26   digitalWrite(greenPin, HIGH);
27   delay(1000);
28 }
29

```

ภาพ โค้ดโปรแกรมที่ทำงานผิดพลาด

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

3.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันตรวจสอบการเขียนโปรแกรมโดยละเอียด

3.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันกำหนดแนวทางและขั้นตอนการแก้ปัญหาการทำงานผิดพลาดของโปรแกรมและความผิดพลาดที่เกิดจากการเชื่อมต่อวงจร

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

4.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันวางแผนและแบ่งหน้าที่ในการสืบค้นข้อมูล การเชื่อมต่อวงจรและการเขียนโปรแกรม

4.2 ครูสอบถามแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นรายกลุ่มว่ามีการแบ่งหน้าที่กันอย่างไร และเริ่มทำงานจากขั้นตอนใดก่อน

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

5.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันดำเนินการทดสอบและประเมินผลการทำงาน

5.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันปรับปรุงและแก้ไขการทำงานของโปรแกรมและการเชื่อมต่อวงจร

5.3 ครูสังเกต ให้คำแนะนำและป้องกันปัญหาอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบคอมพิวเตอร์ เครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

6.1 ครูให้นักเรียนนำเสนอแนวทางการแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรมและการเชื่อมต่อวงจร

6.2 ครูให้นักเรียนนำเสนอระบบที่ได้รับการพัฒนาปรับปรุงแล้ว

6.3 ครูตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรและประเมินผล

6.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายประโยชน์ของการเขียนโปรแกรมและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งร่วมกันอภิปรายแนวทางการแก้ไขเมื่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์และโปรแกรมทำงานผิดพลาด

3. สื่อการเรียนรู้

3.1 ใบงานสถานการณ์ที่ 4.3 สื่อสารสัญญาณไฟ

3.2 สื่อนำเสนอคอมพิวเตอร์

3.3 โปรแกรมนำเสนอ

3.4 เว็บไซต์ Tinkercad

3.5 คู่มือ

4. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมินผ่าน
วิเคราะห์ปัญหาเพื่อ แก้ไขการทำงานของ วงจรอิเล็กทรอนิกส์	ตรวจสอบการแก้ไข ข้อผิดพลาดของ โปรแกรม	- ใบงาน ถาวรตอนที่ 4.3 สื่อสารสัญญาณไฟ	4 - ยอดเยี่ยม 3 - ดี 2 - กำลังพัฒนา
พิจารณารูปแบบปัญหา หรือการทำงานของ วงจรอิเล็กทรอนิกส์	ตรวจสอบรูปแบบการ เชื่อมต่อวงจรตามระบบ กระแสไฟฟ้า	- เกณฑ์การวัดและ ประเมินผล - แบบบันทึกการให้	1 - เริ่มต้น นักเรียนได้ ระดับคุณภาพ
การสร้างแบบจำลอง เพื่อแสดงการเชื่อมต่อ วงจรอิเล็กทรอนิกส์	ตรวจสอบแบบจำลอง การเชื่อมต่อวงจร อิเล็กทรอนิกส์	คะแนนทักษะการคิดเชิง คำนวณ	ระดับดีขึ้นไปถึง ว่าผ่านเกณฑ์
ออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อ แก้ปัญหาการทำงานของ ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์	ตรวจสอบการทำงาน ของแบบจำลองการ เชื่อมต่อวงจร อิเล็กทรอนิกส์		

5. เกณฑ์การวัดและประเมินผล

ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
วิเคราะห์ปัญหาเพื่อ แก้ไขการทำงานของ วงจรอิเล็กทรอนิกส์	ระบุปัญหา วิธีการ แก้ปัญหาและ เชื่อมต่อวงจร ได้ ครบถ้วนถูกต้อง	ระบุปัญหาและ วิธีการแก้ปัญหา ได้ แต่ยังแก้ไข การเชื่อมต่อ วงจรไม่ได้	ระบุปัญหา ของวงจรได้ ถูกต้อง แต่ ระบุวิธี แก้ปัญหา ไม่ได้	ระบุปัญหาได้ ไม่ถูกต้อง
พิจารณารูปแบบ ปัญหาหรือการ ทำงานของวงจร อิเล็กทรอนิกส์	เชื่อมต่อวงจรและ ทำงานตามเงื่อนไข ได้ถูกต้องครบถ้วน	เชื่อมต่อวงจรได้ ถูกต้อง แต่วงจร ไม่ทำงานตาม เงื่อนไข	เชื่อมต่อวงจร ได้แต่ไม่ ถูกต้อง	ไม่มีการ เชื่อมต่อหรือ แก้ไขวงจร
สร้างแบบจำลองเพื่อ แสดงการเชื่อมต่อ วงจรอิเล็กทรอนิกส์	ใช้โปรแกรมสร้าง แบบจำลองการ เชื่อมต่อวงจรได้ ถูกต้องครบถ้วน	ใช้โปรแกรมสร้าง แบบจำลองการ เชื่อมต่อวงจรได้ ถูกต้องบางส่วน	เพิ่มอุปกรณ์ ได้แต่เชื่อมต่อ สายไฟไม่ได้	ไม่สามารถเพิ่ม อุปกรณ์ใน แบบจำลองได้
ออกแบบขั้นตอนวิธี เพื่อแก้ปัญหาการ ทำงานของวงจร อิเล็กทรอนิกส์	วงจรทำงานตาม ขั้นตอนและเงื่อนไข ที่กำหนดได้อย่าง ถูกต้องครบถ้วน	วงจรทำงานตาม ขั้นตอนแต่ไม่ ครบตามเงื่อนไข	วงจรทำงาน ได้แต่ไม่ตรง ตามขั้นตอน	วงจรไม่ทำงาน

ใบงานสถานการณ์ที่ 4.3

สื่อสารสัญญาณไฟ

ชื่อกลุ่ม

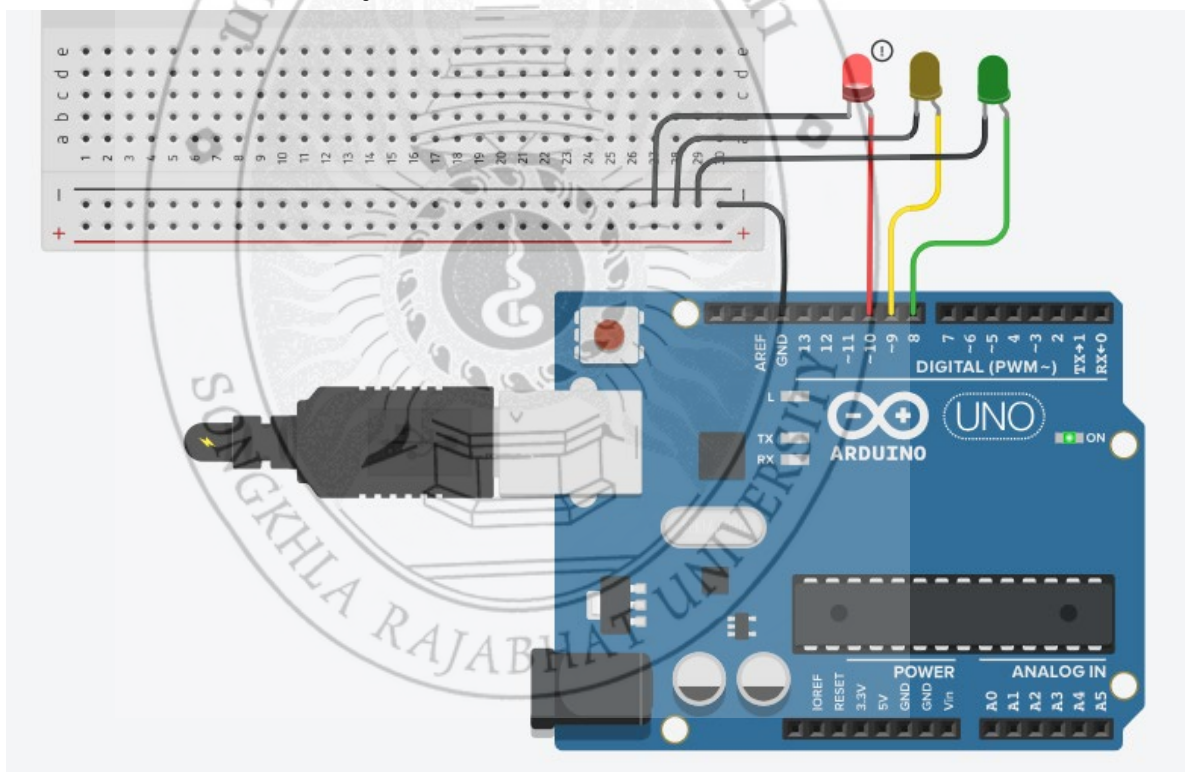
ระดับชั้น

ชื่อ - นามสกุล สมาชิก

เลขที่

1.
2.
3.
4.

คำชี้แจง พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วใช้ความรู้เรื่องระบบสมองกลฝังตัวเพื่อร่วมกัน
แก้ปัญหาและตอบคำถามให้ถูกต้อง



ภาพ: การทำงานที่ผลิตผลของวงจรและการเขียนโปรแกรม

```

1 // โปรแกรมจำลองไฟจราจรด้วย Arduino Uno (รวม LED สีเหลือง)
2
3 const int redPin = 8; // ขาที่ต่อ LED สีแดง
4 const int yellowPin = 9; // ขาที่ต่อ LED สีเหลือง
5 const int greenPin = 10; // ขาที่ต่อ LED สีเขียว
6
7 void setup() {
8   pinMode(redPin, OUTPUT);
9   pinMode(yellowPin, OUTPUT);
10  pinMode(greenPin, OUTPUT);
11 }
12
13 void loop() {
14   digitalWrite(redPin, HIGH);
15   digitalWrite(yellowPin, LOW);
16   digitalWrite(greenPin, LOW);
17   delay(1000);
18
19   digitalWrite(redPin, LOW);
20   digitalWrite(yellowPin, HIGH);
21   digitalWrite(greenPin, LOW);
22   delay(1000);
23
24   digitalWrite(redPin, LOW);
25   digitalWrite(yellowPin, LOW);
26   digitalWrite(greenPin, HIGH);
27   delay(1000);
28 }
29

```

// โปรแกรมจำลองไฟจราจรด้วย Arduino Uno (รวม LED สีเหลือง)

```

const int redPin = 8; // ขาที่ต่อ LED สีแดง
const int yellowPin = 9; // ขาที่ต่อ LED สีเหลือง
const int greenPin = 10; // ขาที่ต่อ LED สีเขียว

void setup() {
  pinMode(redPin, OUTPUT);
  pinMode(yellowPin, OUTPUT);
  pinMode(greenPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(redPin, HIGH);
  digitalWrite(yellowPin, LOW);
  digitalWrite(greenPin, LOW);
  delay(1000);

  digitalWrite(redPin, LOW);
  digitalWrite(yellowPin, HIGH);
  digitalWrite(greenPin, LOW);
  delay(1000);

  digitalWrite(redPin, LOW);
  digitalWrite(yellowPin, LOW);
  digitalWrite(greenPin, HIGH);
  delay(1000);
}

```

ภาพ: โค้ดโปรแกรมที่ทำงานผิดพลาด

1. นักเรียนตรวจพบข้อผิดพลาดใดของระบบสัญญาณไฟจราจรและเป็นความผิดพลาดเกิดจากอะไร

ข้อผิดพลาดที่พบ	โปรแกรม	วงจร

2. ให้นักเรียนเชื่อมต่อวงจรไฟจราจรและเขียนโปรแกรมให้สมบูรณ์

ในการทดสอบการทำงานของไฟจราจร หลอดไฟแต่ละดวงจะสลับกันติดและดับ ซึ่งจะมีไฟสว่างครั้งละ 1 ดวง โดยแต่ละดวงจะมีระยะเวลาของการสว่างไม่เท่ากัน ในกรณีนี้จะให้นักเรียนทดสอบโดยกำหนดให้หลอดสีแดงสว่างเป็นเวลา 5 วินาที หลอดสีเหลืองสว่างเป็นเวลา 2 วินาที และหลอดสีเขียวสว่างเป็นเวลา 3 วินาที

2.1 ภาพวงจรที่นักเรียนเชื่อมต่อ (ถ่ายภาพวงจรมาวาง)

2.2 โค้ดโปรแกรมที่นักเรียนร่วมกันเขียน (คัดลอกโค้ดมาวาง)



กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เตือนภัยใช้สัญญาณ (จำนวน 2 ชั่วโมง)

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1.1 ระบุและจำแนกปัญหาจากการวิเคราะห์การทำงานของระบบสมองฝังตัวได้
- 1.2 พิจารณารูปแบบปัญหาและการทำงานของระบบสมองฝังตัวที่สอดคล้องกับงานได้
- 1.3 สร้างแบบจำลองเพื่อแสดงการทำงานของระบบสมองฝังตัวได้
- 1.4 ออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหการทำงานของระบบสมองฝังตัวได้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

1.1 ครูสนทนาและสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับชีวิตประจำวันว่ามักจะเห็นสัญลักษณ์หรือสัญญาณเตือนภัยที่เห็นบ้าง แต่ละสถานที่ที่มีการเตือนภัยเรื่องอะไร เตือนอย่างไร และส่งผลกระทบต่อคนหรือสถานที่นั้นอย่างไร

1.2 ครูนำเสนอใบงานสถานการณ์ที่ 4.4 เตือนภัยใช้สัญญาณ ซึ่งเป็นการติดตั้งระบบสัญญาณแจ้งเตือนอันตรายจากผลกระทบของการใช้รังสีไอโอไดน-131 เพื่อให้นักเรียนร่วมกันพิจารณา ดังนี้

ในการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งด้วยรังสีไอโอไดน-131 ขนาดสูง ส่งผลให้ตัวผู้ป่วยและสารคัดหลั่งเช่น น้ำมูก อจจาระ ปัสสาวะหรือเสื้อผ้าของผู้ป่วยมีการปนเปื้อน แม้รังสีไปยังบุคคลรอบข้างได้ แพทย์จะจัดเตรียมสถานที่เฉพาะเพื่อใช้ในการรักษา โดยหลีกเลี่ยงการอยู่ใกล้ชิดกับผู้อื่นอย่างน้อย 1 สัปดาห์หลังวันกลืนแร่ โดยเฉพาะเด็กที่อายุน้อยกว่า 18 ปี และหญิงตั้งครรภ์ นายต้นคิดจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบเพื่อแจ้งเตือนผู้ป่วยและผู้เข้ามาในบริเวณที่อาจจะได้รับผลกระทบจากรังสีได้โดยเมื่อมีบุคคลเข้ามาในระยะ 3 เมตร ระบบจะส่งเสียงและสัญญาณไฟกระพริบ

1.3 ครูให้นักเรียนพิจารณาโค้ดเพื่อเลือกใช้เซนเซอร์และอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อวงจรให้สอดคล้องกับการทำงานของโปรแกรม ดังภาพ

```

1  int redLedPin = 13                                ;
2  int buzzerPin = 8;
3  float alertDistance = 300;
4
5  int inches = 0;
6  int cm = 0;
7
8  long readUltrasonicDistance(int triggerPin, int echoPin)
9  {
10     pinMode(triggerPin, OUTPUT); // Clear the trigger
11     digitalWrite(triggerPin, LOW);
12     delayMicroseconds(2);
13     // Sets the trigger pin to HIGH state for 10 microseconds
14     digitalWrite(triggerPin, HIGH);
15     delayMicroseconds(10);
16     digitalWrite(triggerPin, LOW);
17     pinMode(echoPin, INPUT);
18     // Reads the echo pin, and returns the sound wave travel time in microseconds
19     return pulseIn(echoPin, HIGH);
20 }

```

ภาพ โค้ดการกำหนดค่าและการประกาศตัวแปร

```

23 void setup()
24 {
25     Serial.begin(9600);
26     pinMode(redLedPin, OUTPUT);
27     pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
28 }

```

ภาพ โค้ดใน setup ()

```

31 void loop()
32 {
33     // measure the ping time in cm
34     cm = 0.01723 * readUltrasonicDistance(7, 7);
35     // Check if the distance is greater than 3 meters
36     if (cm < alertDistance) {
37         // Turn on the red LED
38         digitalWrite(redLedPin, HIGH);
39         // Play the alert sound
40         tone(buzzerPin, 1000); // Adjust the frequency as needed
41     } else {
42         // Turn off the red LED
43         digitalWrite(redLedPin, LOW);
44
45         // Stop the alert sound
46         noTone(buzzerPin);
47     }
48     // convert to inches using the correct conversion factor
49     inches = int(cm * 0.3937);|
50     Serial.print(inches);
51     Serial.print("in, ");
52     Serial.print(cm);
53     Serial.println("cm");
54     delay(100);
55 }

```

ภาพ โค้ดใน loop ()

นักเรียนช่วยนายต้นคิดเลือกใช้อุปกรณ์และเซนเซอร์เพื่อนำมาเชื่อมต่อให้
ถูกต้องตามโปรแกรมที่เขียนไว้

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

ครูให้นักเรียนร่วมระดมความคิดและสืบค้นข้อมูลการเชื่อมต่อและการทำงานของอุปกรณ์และเซนเซอร์โดยพิจารณาจากโค้ดโปรแกรมที่ครูกำหนดให้

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

3.1 ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นสำหรับการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงโค้ด อุปกรณ์และเซนเซอร์ที่เลือกใช้

3.2 ครูให้นักเรียนออกแบบการเชื่อมต่อวงจรโดยใช้ Tinkercad

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

4.1 ครูแจ้งเวลาในการทำงานเพื่อเชื่อมต่อวงจร 30 นาที ก่อนที่ครูจะเริ่มจับเวลานักเรียนสามารถร่วมกันวางแผนและแบ่งหน้าที่ก่อนทดลองปฏิบัติจริง

4.2 ครูสอบถามการแบ่งหน้าที่การทำงานของนักเรียนภายในกลุ่ม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

ครูให้นักเรียนร่วมกันเชื่อมต่อวงจรและทดสอบการทำงานของระบบภายในระยะเวลาที่กำหนด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

6.1 ครูให้นักเรียนนำเสนอแนวทางการเชื่อมต่อวงจรและการทำงานของระบบ

6.2 ครูตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรและประเมินผล

6.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายประโยชน์ของระบบสมองกลฝังตัว การเลือกใช้อุปกรณ์เพื่อให้สอดคล้องกับปัญหา และการนำระบบไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่นที่คล้ายคลึงหรือสอดคล้องกัน

3. สื่อการเรียนรู้

3.1 ใบงานสถานการณ์ที่ 4.4 เตือนภัยใช้สัญญาณ

3.2 สื่อนำเสนอคอมพิวเตอร์

3.3 โปรแกรมนำเสนอ

3.4 เว็บไซต์ Tinkercad

3.5 คู่มือ

4. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมินผ่าน
แก้ปัญหาจากการวิเคราะห์การทำงานของระบบสมองกลฝังตัว	ตรวจสอบการเชื่อมต่อและการเลือกใช้อุปกรณ์	- ใบงาน สถานการณ์ที่ 4.4 เตือนภัยใช้สัญญาณ	4 - ยอดเยี่ยม 3 - ดี 2 - กำลังพัฒนา
พิจารณารูปแบบปัญหาหรือการทำงานของระบบสมองกลฝังตัว	สอบถามแนวทางการนำโปรแกรมและวงจรไปประยุกต์ใช้	- เกณฑ์การวัดและประเมินผล - แบบบันทึกการให้	1 - เริ่มต้น นักเรียนได้ ระดับคุณภาพ
สร้างแบบจำลองเพื่อแสดงการทำงานของระบบสมองกลฝังตัว	ตรวจสอบแบบจำลองการเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์	คะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ	ระดับดีขึ้นไปถึง ว่าผ่านเกณฑ์
ออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาการทำงานของระบบสมองกลฝังตัว	ตรวจสอบการทำงานของแบบจำลองการเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์		

5. เกณฑ์การวัดและประเมินผล

ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
แก้ปัญหาจากการวิเคราะห์การทำงาน ของระบบสมองกลฝังตัว	เลือกใช้เซนเซอร์และอุปกรณ์ได้ครบถ้วนถูกต้องตามสถานการณ์	เลือกใช้เซนเซอร์ครบถ้วน แต่ขาดอุปกรณ์ต่อพ่วงบางอย่างไป	เลือกใช้เซนเซอร์ไม่ถูกต้องแต่เลือกใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงถูกต้อง	เลือกใช้เซนเซอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงไม่ถูกต้อง
พิจารณารูปแบบปัญหาหรือการทำงานของระบบสมองกลฝังตัว	อธิบายการทำงานของเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงได้ครบถ้วน ถูกต้อง	อธิบายการทำงานของเซนเซอร์ได้ แต่อธิบายการทำงานของอุปกรณ์ต่อพ่วงไม่ได้	อธิบายการทำงานของเซนเซอร์ไม่ได้ แต่อธิบายการทำงานของอุปกรณ์ต่อพ่วงได้	อธิบายการทำงานของเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงไม่ได้
สร้างแบบจำลองเพื่อแสดงการทำงานของระบบสมองกลฝังตัว	สร้างแบบจำลองการและเชื่อมต่อวงจรถูกต้องครบถ้วน	สร้างแบบจำลองการและเชื่อมต่อวงจรถูกต้องแต่มีอุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องในระบบ	สร้างแบบจำลองไม่ครบถ้วนแต่เชื่อมต่อวงจรได้ถูกต้อง	สร้างแบบจำลองการและเชื่อมต่อวงจรไม่ถูกต้อง
ออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาการทำงานของระบบสมองกลฝังตัว	วงจรทำงานตามขั้นตอนและเงื่อนไขถูกต้องครบถ้วน	วงจรทำงานได้แต่รับค่าได้ผิดพลาด	วงจรทำงานได้แต่รับค่าไม่ได้	วงจรไม่ทำงาน

ใบงานสถานการณ์ที่ 4.4

เตือนภัยใช้สัญญาณ

ชื่อกลุ่ม

ระดับชั้น

ชื่อ - นามสกุล สมาชิก

เลขที่

5.

.....

6.

.....

7.

.....

8.

.....

คำชี้แจง พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วใช้ความรู้เรื่องระบบสมองกลฝังตัวเพื่อร่วมกัน
แก้ปัญหาและตอบคำถามให้ถูกต้อง

รังสีไอโอติน-131

ในการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งด้วยรังสีไอโอติน-131 ขนาดสูง ส่งผลให้ตัวผู้ป่วยและสารคัดหลั่ง
เช่น น้ำมูก อุจจาระ ปัสสาวะหรือเสื้อผ้าของผู้ป่วยมีการปนเปื้อน แม้รังสีไปยังบุคคลรอบข้างได้ แพทย์
จะจัดเตรียมสถานที่เฉพาะเพื่อใช้ในการรักษา โดยหลีกเลี่ยงการอยู่ใกล้ชิดกับผู้อื่นอย่างน้อย 1 สัปดาห์
หลังวันกลืนแร่ โดยเฉพาะเด็กที่อายุน้อยกว่า 18 ปี และหญิงตั้งครรภ์ นายต้นคิดจึงมีแนวคิดในการ
พัฒนาระบบเพื่อแจ้งเตือนผู้ป่วยและผู้เข้ามาในบริเวณที่อาจจะได้รับผลกระทบจากรังสีได้โดยเมื่อมี
บุคคลเข้ามาในระยะ 3 เมตร ระบบจะส่งเสียงและสัญญาณไฟกระพริบ

```

1  int redLedPin = 13;
2  int buzzerPin = 8;
3  int UltraPin=7;
4  float alertDistance = 300;
5
6  int inches = 0;
7  int cm = 0;
8
9  long readUltrasonicDistance(int triggerPin, int echoPin)
10 {
11   pinMode(triggerPin, OUTPUT); // Clear the trigger
12   digitalWrite(triggerPin, LOW);
13   delayMicroseconds(2);
14   // Sets the trigger pin to HIGH state for 10 microseconds
15   digitalWrite(triggerPin, HIGH);
16   delayMicroseconds(10);
17   digitalWrite(triggerPin, LOW);
18   pinMode(echoPin, INPUT);
19   // Reads the echo pin, and returns the sound wave travel time in microseconds
20   return pulseIn(echoPin, HIGH);
21 }

```

ภาพ: โค้ดการกำหนดค่าและการประกาศตัวแปร

```

23 void setup()
24 {
25     Serial.begin(9600);
26     pinMode(redLedPin, OUTPUT);
27     pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
28 }

```

ภาพ: โค้ดใน setup ()

```

32 void loop()
33 {
34     // measure the ping time in cm
35     cm = 0.01723 * readUltrasonicDistance(UltraPin, UltraPin);
36     // Check if the distance is greater than 3 meters
37     if (cm < alertDistance) {
38         // Turn on the red LED
39         digitalWrite(redLedPin, HIGH);
40         // Play the alert sound
41         tone(buzzerPin, 1000); // Adjust the frequency as needed
42     } else {
43         // Turn off the red LED
44         digitalWrite(redLedPin, LOW);
45
46         // Stop the alert sound
47         noTone(buzzerPin);
48     }
49     // convert to inches using the correct conversion factor
50     inches = int(cm * 0.3937);
51     Serial.print(inches);
52     Serial.print("in, ");
53     Serial.print(cm);
54     Serial.println("cm");
55     delay(100);
56 }

```

ภาพ: โค้ดใน loop ()

โค้ดสำหรับทดลองการเชื่อมต่อ

```

int redLedPin = 13;
int buzzerPin = 8;
int UltraPin=7;
float alertDistance = 300;

int inches = 0;
int cm = 0;

long readUltrasonicDistance(int triggerPin, int echoPin)
{
    pinMode(triggerPin, OUTPUT); // Clear the trigger
    digitalWrite(triggerPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    // Sets the trigger pin to HIGH state for 10 microseconds
    digitalWrite(triggerPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(triggerPin, LOW);
    pinMode(echoPin, INPUT);
    // Reads the echo pin, and returns the sound wave travel time in microseconds
    return pulseIn(echoPin, HIGH);
}

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(redLedPin, OUTPUT);
    pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
}

void loop()
{
    // measure the ping time in cm
    cm = 0.01723 * readUltrasonicDistance(UltraPin, UltraPin);
    // Check if the distance is greater than 3 meters
    if (cm < alertDistance) {
        // Turn on the red LED
        digitalWrite(redLedPin, HIGH);
        // Play the alert sound
        tone(buzzerPin, 1000); // Adjust the frequency as needed
    } else {
        // Turn off the red LED
        digitalWrite(redLedPin, LOW);
        // Stop the alert sound
        noTone(buzzerPin);
    }
    // convert to inches using the correct conversion factor
    inches = int(cm * 0.3937);
    Serial.print(inches);
    Serial.print("in, ");
    Serial.print(cm);
    Serial.println("cm");
    delay(100);
}

```

นักเรียนร่วมกันช่วยนายต้นคิดเลือกใช้อุปกรณ์และเซนเซอร์เพื่อนำมาเชื่อมต่อให้ถูกต้องตามโปรแกรมที่เขียนไว้ (คัดลอกภาพวงจรที่เชื่อมมาวางในใบงาน)



แบบบันทึกการให้คะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ระหว่างจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

[illegible]



ภาคผนวก ง

แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ

แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ

วิชาการออกแบบและเทคโนโลยี

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน

จำนวน 4 ข้อ

เวลา 50 นาที

คะแนนเต็ม 16 คะแนน

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วใช้ความรู้เรื่องการออกแบบและระบบ

สมองกลฝังตัวในการตอบคำถาม

การเลี้ยงไก่ไข่น้ำร้อนให้ประสบความสำเร็จ



ปัจจุบันการเลี้ยงไก่ไข่ของเกษตรกรในประเทศไทยส่วนใหญ่จะอยู่ภายในโรงเรือนปิด ที่เรียกว่า Evaporative Cooling System หรือที่นิยมเรียกกันว่า โรงเรือนอีแวป (Evap) ซึ่งทำให้แม่ไก่อยู่สบายมากขึ้นในช่วงที่อากาศภายนอกแล้ง สูงกว่า 35 องศาเซลเซียสทำให้ผลกระทบเรื่องอากาศร้อนต่อการให้ผลผลิตของแม่ไก่อ้น้อยกว่าแม่ไก่ที่เลี้ยงอยู่ในโรงเรือนเปิด ปกติแล้วอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อความเป็นอยู่ของแม่ไก่ อยู่แล้วสบาย จะอยู่ในช่วงประมาณ 18-25 องศาเซลเซียส

นอกจากไก่เป็นสัตว์ที่ไม่มีต่อมเหงื่อคอยช่วยทำหน้าที่ระบายความร้อนเหมือนกับมนุษย์หรือสัตว์ประเภทอื่นแล้ว ขนที่ปกคลุมอยู่บนตัวไก่ก็เป็นอีกอุปสรรคหนึ่งในการระบายความร้อนของแม่ไก่ ดังนั้นเวลาที่อุณหภูมิภายในเล้าอยู่ที่ประมาณ 26-32 องศาเซลเซียส แม่ไก่ก็จะกินอาหารได้ลดลง แต่จะกินน้ำเพิ่มขึ้น เพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย ถ้าอุณหภูมิในเล้าสูงเกิน 35 องศาเซลเซียส แม่ไก่ก็จะแสดงอาการหอบ กางปีก หมอบกับพื้นกรง เกิดภาวะเครียดจากความร้อนหรือที่เรียกว่า Heat Stress (ขบวนการทางฮอร์โมนในร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลง) แต่ถ้าอุณหภูมิในเล้าสูงเกินกว่า 39 องศาเซลเซียส ก็จะมีผลทำให้แม่ไก่เริ่มทยอยตาย (ปกติอุณหภูมิร่างกายของไก่อยู่ที่ 41.2 องศาเซลเซียส)

ที่มา: <https://cpffedsolution.com/การเลี้ยงไก่ไข่โรงเรือน>

1. ปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตไข่ไก่ (แยกย่อยปัญหา)

ปัจจัยหลัก	ผลกระทบ

2. นักเรียนมีแนวทางอย่างไรในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรให้มีผลผลิตไข่ไก่อย่างต่อเนื่อง (พิจารณารูปแบบ)

2.1 ชื่อนวัตกรรม :

.....

2.2 อุปกรณ์หรือเซนเซอร์ที่จำเป็นในการใช้งานมีอะไรบ้าง

.....

.....

3. ให้นักเรียนวาดภาพโครงงานเพื่อช่วยเหลือเกษตรกร (คิดเชิงนามธรรม)



4. ให้นักเรียนอธิบายขั้นตอนการทำงานของวัฏกรรมที่นักเรียนออกแบบ (ออกแบบขั้นตอนวิธี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนน

1. ปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตไข่ไก่ (ระบุปัจจัยหลักและผลกระทบเพื่อแบ่งย่อยปัญหา)
เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	เกณฑ์
4	ระบุปัจจัยและผลกระทบเพื่อแบ่งย่อยปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ได้ถูกต้อง ชัดเจน ครบถ้วนตามสถานการณ์ที่พบ
3	ระบุปัจจัยและผลกระทบเพื่อแบ่งย่อยปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ได้ถูกต้อง ชัดเจน เพียง 1 ปัจจัย และระบุผลกระทบได้ถูกต้องครบถ้วน
2	ระบุปัจจัยและผลกระทบเพื่อแบ่งย่อยปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ได้ 1 ปัจจัย แต่ยังระบุผลกระทบไม่ครบถ้วนและชัดเจน
1	ระบุปัจจัยและผลกระทบเพื่อแบ่งย่อยปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ไม่ถูกต้อง ไม่ครบถ้วน ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์

2. นักเรียนมีแนวทางอย่างไรในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรให้มีผลผลิตไข่ไก่อย่างต่อเนื่อง

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	เกณฑ์
4	ระบุขั้นตอนนวัตกรรมและเลือกใช้อุปกรณ์และเซนเซอร์ได้ครบถ้วนตามสถานการณ์และสอดคล้องกับกระบวนการทำงานของระบบ
3	ระบุขั้นตอนนวัตกรรมและเลือกใช้อุปกรณ์และเซนเซอร์ได้แต่ยังไม่ครบถ้วนตามสถานการณ์และความสอดคล้องกับกระบวนการทำงานของระบบ
2	ระบุขั้นตอนนวัตกรรมและเลือกใช้อุปกรณ์และเซนเซอร์ได้ไม่สอดคล้องกับกระบวนการทำงานของระบบ
1	ระบุขั้นตอนนวัตกรรม อุปกรณ์และเซนเซอร์ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์

3. ให้นักเรียนวาดภาพโครงการเพื่อช่วยเหลือเกษตรกร

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	เกณฑ์
4	วาดภาพและเขียนอธิบายรายละเอียดส่วนประกอบของนวัตกรรมได้ครบถ้วนถูกต้อง
3	วาดภาพและเขียนอธิบายรายละเอียดส่วนประกอบของนวัตกรรมได้แต่ยังไม่ครบถ้วนถูกต้อง
2	วาดภาพนวัตกรรมได้แต่ไม่มีการเขียนอธิบายรายละเอียด
1	วาดภาพได้บางส่วน ไม่มีการเขียนอธิบาย

4. ให้นักเรียนอธิบายขั้นตอนการทำงานของนวัตกรรมที่นักเรียนออกแบบ

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	เกณฑ์
4	เขียนอธิบายขั้นตอนการเริ่มต้นและสิ้นสุด ระบุการรับข้อมูลด้วยเซนเซอร์ เงื่อนไขการทำงานของระบบ และการแสดงผลผ่านอุปกรณ์ได้ครบถ้วนถูกต้องตามสถานการณ์
3	เขียนอธิบายขั้นตอนการเริ่มต้นและสิ้นสุด ระบุการรับข้อมูลด้วยเซนเซอร์ และการแสดงผลผ่านอุปกรณ์ได้ครบถ้วนตามสถานการณ์ แต่มีบางขั้นตอนที่กำหนดเงื่อนไขการทำงานผิดพลาด
2	เขียนอธิบายขั้นตอนของระบบได้แต่ไม่สามารถระบุการทำงานของอุปกรณ์และเซนเซอร์ได้ครบถ้วน ไม่มีขั้นตอนการเริ่มต้นและสิ้นสุด
1	เขียนอธิบายขั้นตอนการทำงานได้ไม่ครบถ้วน ขาดขั้นที่สำคัญของระบบ ไม่มีขั้นตอนการเริ่มต้นและสิ้นสุด

เกณฑ์การตัดสิน

ช่วงคะแนน	ระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ
13 – 16	ยอดเยี่ยม
9 – 12	ดี
5 – 8	กำลังพัฒนา
4	เริ่มต้น

หมายเหตุ ใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินระหว่างเรียนเช่นเดียวกับใบงานสถานการณ์ที่ 4.1-4.4





ภาคผนวก จ

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

**แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว
เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ**

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงช่องที่ตรงกับระดับความพึงพอใจของนักเรียน โดยใช้
เกณฑ์พิจารณา ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก
- 3 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อย
- 1 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
ด้านครูผู้สอน						
1	ครูมีการแนะแนวทางและแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้					
2	ครูมีความรู้ ความสามารถในการสอน					
3	ครูมีบุคลิกภาพที่ดีในการสอน					
4	ครูสามารถให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนประสบปัญหาในการเรียน					
5	ครูจัดการเรียนรู้โดยสอดคล้องคุณธรรมจริยธรรม					
ด้านเนื้อหา						
6	เนื้อหามีความน่าสนใจ					
7	เนื้อหามีความทันสมัย					
8	เนื้อหาเหมาะสมกับระดับความรู้ ความสามารถของนักเรียน					
9	เนื้อหามีการบูรณาการศาสตร์ความรู้ที่หลากหลาย					

ที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
10	นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้					
11	กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าเพื่อสร้างการเรียนรู้ด้วยตนเอง					
12	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ					
13	นักเรียนได้รับความรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัว					
14	นักเรียนได้รับความรู้ด้านการเขียนโปรแกรม					
15	นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในการออกแบบนวัตกรรม					
16	นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ					
ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน						
17	เอกสารและสื่อประกอบในการเรียนรู้สอดคล้องกับการสอน					
18	สื่อ เทคโนโลยีและกิจกรรมการเรียนการสอนมีความหลากหลาย					
19	สื่อและอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองและฝึกปฏิบัติมีเพียงพอ					
ด้านการวัดและประเมินผลการเรียน						
20	วิธีการวัดประเมินผลสอดคล้องกับเนื้อหา					
21	วิธีการวัดประเมินผลมีความหลากหลาย					
22	เกณฑ์การประเมินผลมีความโปร่งใสและยุติธรรม					
23	เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผล					



ภาคผนวก จ
ผลการหาคุณภาพเครื่องมือ

ตาราง 19 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง

วิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	ระดับ คุณภาพ
1. สาระสำคัญ			
1.1 สาระสำคัญถูกต้องตามหลักวิชาและทันสมัย	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 สาระสำคัญเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
1.3 สาระสำคัญสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	4.67	0.58	มากที่สุด
1.4 สาระสำคัญมีความชัดเจนเข้าใจง่ายน่าสนใจ	4.67	0.58	มากที่สุด
2. สาระการเรียนรู้แกนกลาง			
2.1 สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัด	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 สาระสำคัญมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	5.00	0.00	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้			
3.1 มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน	5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
3.4 สามารถพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนได้	5.00	0.00	มากที่สุด
4. กิจกรรมจัดการเรียนรู้			
4.1 กิจกรรมจัดการเรียนรู้สร้างความสนใจ	5.00	0.00	มากที่สุด
4.2 กิจกรรมจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	4.67	0.58	มากที่สุด
4.3 กิจกรรมจัดการเรียนรู้เรียงลำดับขั้นตอนการดำเนินการ ชัดเจน	5.00	0.00	มากที่สุด
4.4 กิจกรรมจัดการเรียนรู้ส่งเสริม พัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยกิจกรรมเน้นผู้เรียน เป็นสำคัญ	5.00	0.00	มากที่สุด
4.5 กิจกรรมจัดการเรียนรู้เน้นการแสดงออกเพื่อการเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
4.6 กิจกรรมจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4.33	0.58	มาก
4.7 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและสภาพแวดล้อมของ ผู้เรียน	4.33	0.58	มาก

ตาราง 19 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	ระดับ คุณภาพ
5. สื่อการเรียนรู้			
5.1 สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา ระดับชั้นและ สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
5.2 สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และกระตุ้น ความสนใจ ของผู้เรียน	5.00	0.00	มากที่สุด
5.3 สื่อการเรียนรู้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	5.00	0.00	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 วิธีวัดและเครื่องมือวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
6.2 วิธีวัดและเครื่องมือวัดสอดคล้องกับสาระและกิจกรรมการ เรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
6.3 เกณฑ์การประเมินผลมีความชัดเจน	5.00	0.00	มากที่สุด
6.4 การวัดและประเมินผลครอบคลุมทุกด้านทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ	5.00	0.00	มากที่สุด
6.5 วิธีวัดและเครื่องมือวัดมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด

ตาราง 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม พฤติกรรม และเกณฑ์การประเมินในการวัด (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง ความรู้และทักษะเฉพาะด้าน

ข้อที่	ค่า IOC จากผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตาราง 21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว

ที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า	สรุป
		คนที่	คนที่	คนที่	IOC	ผล
		1	2	3		
ด้านครูผู้สอน						
1	ครูมีการแนะแนวทางและแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
2	ครูมีความรู้ ความสามารถในการสอน	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
3	ครูมีบุคลิกภาพที่ดีในการสอน	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
4	ครูสามารถให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียน ประสบปัญหาในการเรียน	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
5	ครูจัดการเรียนรู้โดยสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรม	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
ด้านเนื้อหา						
6	เนื้อหามีความน่าสนใจ	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
7	เนื้อหามีความทันสมัย	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
8	เนื้อหาเหมาะสมกับระดับความรู้ ความสามารถของนักเรียน	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
9	เนื้อหามีการบูรณาการศาสตร์ความรู้ที่หลากหลาย	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
10	นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
11	กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าเพื่อ สร้างการเรียนรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
12	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
13	นักเรียนได้รับความรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัว	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
14	นักเรียนได้รับความรู้ด้านการเขียนโปรแกรม	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
15	นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในการออกแบบนวัตกรรม	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
16	นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ	+1	+1	+1	1	ใช้ได้

ตาราง 21 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า	สรุป
		คนที่	คนที่	คนที่	IOC	ผล
		1	2	3		
ด้านสื่อและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน						
17	เอกสารและสื่อประกอบในการเรียนรู้สอดคล้องกับการสอน	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
18	สื่อ เทคโนโลยีและกิจกรรมการเรียนการสอนมีความหลากหลาย	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
19	สื่อและอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองและฝึกปฏิบัติมีเพียงพอ	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
ด้านการวัดและประเมินผลการเรียน						
20	วิธีการวัดประเมินผลสอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
21	วิธีการวัดประเมินผลมีความหลากหลาย	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
22	เกณฑ์การประเมินผลมีความโปร่งใสและยุติธรรม	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
23	เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผล	+1	+1	+1	1	ใช้ได้