

ผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานที่มีต่อ
ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับ
มัธยมศึกษาตอนต้น



นายสุปรีย์ บุรณะกนิษฐ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF TECHNOLOGY-ENHANCED SCAFFOLDING IN
PROJECT-BASED LEARNING UPON ANALYTICAL THINKING AND PROBLEM SOLVING
ABILITIES IN PROGRAMMING ROBOTS OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Supree Purnakanishtha



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Educational Technology and
Communications

Department of Educational Technology and Communications

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
โดย	นายสุปรีย์ บุรณะกนิษฐ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ปรัชญนันท์ นิลสุข

คณะกรรมการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาคุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชนิตา รักษ์พลเมือง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. พรสุข ตันตระกูลโรจน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปรัชญนันท์ นิลสุข)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. จินตวีร์ คล้ายสังข์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อีรวดี ถังบุตร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล บุญลือ)

สุปรีย์ บุรณะกนิษฐ : ผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. (EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF TECHNOLOGY-ENHANCED SCAFFOLDING IN PROJECT-BASED LEARNING UPON ANALYTICAL THINKING AND PROBLEM SOLVING ABILITIES IN PROGRAMMING ROBOTS OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. ปราวีณา สุวรรณรัฐโชติ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร. ปรัชญนันท์ นิลสุข, 212 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 23 คน ของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่เรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ แบ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น จำนวน 11 คน และกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบคงที่ จำนวน 12 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ 1) แบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ 2) แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ 3) แบบทดสอบการแก้ปัญหาในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ 4) แบบประเมินการทำโครงการหุ่นยนต์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ t-test

สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนทั้งสองกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนทั้งสองกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

สาขาวิชา เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

5184265327 : MAJOR EDUCATIONAL TECHNOLOGY AND COMMUNICATIONS

KEYWORDS: TECHNOLOGY ENHANCED SCAFFOLDING / PROJECT-BASED LEARNING /

ANALYTICAL THINKING ABILITIES / PROBLEM SOLVING ABILITIES / ROBOT PROGRAMMING

SUPREE PURNAKANISHTHA: EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF TECHNOLOGY-ENHANCED SCAFFOLDING IN PROJECT-BASED LEARNING UPON ANALYTICAL THINKING AND PROBLEM SOLVING ABILITIES IN PROGRAMMING ROBOTS OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASST. PROF. PRAWEENYA SUWANNATTHACHOTE, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. PRACHYANUN NILSOOK, Ph.D., 212 pp.

The purposes of this research were: 1) to compare pre and post-test of analytical thinking abilities in programming robots within and between two of technology-enhanced scaffolding in project-based learning of lower secondary school students and 2) to compare pre and post-test of problem solving ability in programming robots within and between two of technology-enhanced scaffolding in project-based learning of lower secondary school students. The samples were 23 seventh grade students enrolled in robot programming at Chulalongkorn University Demonstration Secondary School. The samples were assigned into 2 groups; the first group studied with hard scaffolding and the second group studied with soft scaffolding. The research instruments were 1) placement test, 2) analytical thinking skill test, 3) problem solving skill test, and 4) robot project evaluation form. An independent-samples t-test was conducted to compare two types of technology enhanced scaffolding.

The findings of this study were as follows:

1. The students who studied with hard and soft scaffolding had post-test score of analytical ability higher than pre-test score at the statistically significance at .05 level. There was no statistically significant difference between analytical ability of students who studied with different types of technology enhanced scaffolding at the .05 level.

2. The students who studied with hard and soft scaffolding had post-test score of problem solving ability higher than pre-test score at .05 level. There was no statistically significant difference between problem-solving ability of students who studied with different types of technology enhanced scaffolding at the .05 level.

Department: Educational Technology and
Communications

Field of Study: Educational Technology and
Communications

Academic Year: 2013

Student's Signature

Advisor's Signature

Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาแนะนำแนวทางในการศึกษาและการดำเนินการวิจัยด้วยความรอบคอบรัดกุม อาจารย์ทุ่มเทเวลาในการตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดเวลาที่ผู้วิจัยอยู่ในความดูแลของอาจารย์ อาจารย์ให้ความเอาใจใส่ในการทำงาน และอาจารย์มอบความห่วงใยให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่กรุณาแนะนำแนวทางให้ในการดำเนินการวิจัย อาจารย์ไขข้อข้องใจให้กับผู้วิจัยเมื่อผู้วิจัยประสบปัญหาและติดขัด อาจารย์สนับสนุนให้ผู้วิจัยเดินทางมาวิจัยเสมอ

กราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.พรสุข ตันตระกูลรุ่งโรจน์ รองศาสตราจารย์ ดร.จินตวีร์ คล้ายสังข์ อาจารย์ ดร.ธีรวดี ถังคบุตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล บุญลือ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะ คำแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ ประเด็นการซักถามของกรรมการสอบทำให้ผู้วิจัยได้แก้ไขงานวิจัยนี้ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ อาจารย์ ดร.นาถวดีนันทาภินัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คุหาสุวรรณค์เวช รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย ทองดีเลิศ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ อาจารย์ สกกล ธรรมวงศ์ อาจารย์ ประเมษฐ์ คำจร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยการ ศิริรัตน์ ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย อาจารย์แนะนำ แก้ไขและพัฒนาเครื่องมือวิจัยให้ถูกต้อง สมบูรณ์และมีความชัดเจนยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณชัยชนัตถ์ ชาญศิลป์ปะกุล คุณสมศักดิ์ แซ่โจ้ว ที่ให้ความอนุเคราะห์ผู้วิจัยจนผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์ได้สำเร็จ และบุคคลที่เกี่ยวข้องที่ไม่สามารถเอ่ยนามในที่นี้ได้หมด

ส่วนดีและมีคุณค่าของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอบอบแต่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา บุรณะกนิษฐและรองศาสตราจารย์ สุขศรี บุรณะกนิษฐ คุณพ่อ คุณแม่ของผู้วิจัย และกราบขอบพระคุณท่านทั้งสองสำหรับทุนทรัพย์ในการศึกษา และให้กำลังใจทำให้ผู้วิจัยสามารถฝ่าฟันกับอุปสรรคต่างๆ ในการเรียน จนผู้วิจัยพบกับความสำเร็จ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	4
วัตถุประสงค์การวิจัย.....	4
สมมติฐานการวิจัย.....	5
ขอบเขตการวิจัย.....	5
ตัวแปรที่ศึกษา.....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	7
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	8
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
1. การเสริมศักยภาพการเรียนรู้ (Scaffolding).....	12
1.1 ความหมายของการเสริมศักยภาพการเรียนรู้.....	12
1.2 รูปแบบของการเสริมศักยภาพการเรียนรู้.....	13
1.3 องค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนการสอนแบบการเสริมศักยภาพ.....	16
1.4 แนวทางในการสอนแบบเสริมศักยภาพ.....	17
1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน.....	18
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning).....	21
2.1 ความหมายโครงงาน.....	21
2.2 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงงาน.....	22
2.3 ประเภทของโครงงาน.....	23

2.4	ขั้นตอนในการทำโครงการงาน	24
2.5	การประเมินโครงการงาน	26
2.6	การประเมินผลการทำโครงการงาน.....	27
2.7	การประเมินผลกระบวนการผลิต	28
2.8	การพัฒนาตัวบ่งชี้และเกณฑ์การประเมินการเรียนรู้.....	29
2.9	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงการงานเป็นฐาน.....	31
3.	การเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์.....	33
3.1	ความหมายของการเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์	33
3.2	ความรู้เรื่องหุ่นยนต์.....	33
3.3	การเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้หุ่นยนต์ทำงาน	35
3.4	ประเภทของหุ่นยนต์	36
3.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์	38
4.	แนวคิดคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้อย่างร่วมมือ (Computer Supported Collaboration Learning: CSCL).....	41
4.1	การจัดประเภทเครื่องมือที่ใช้ในคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้อย่างร่วมมือ	41
4.2	ประโยชน์ที่ได้จากการใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้อย่างร่วมมือ	47
4.3	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ	48
5.	การเรียนการสอนบนเว็บ (Web-based Instruction).....	50
5.1	ความหมายการเรียนการสอนบนเว็บ	50
5.2	ลักษณะการเรียนการสอนบนเว็บ.....	51
5.3	การจัดการเรียนการสอนบนเว็บ.....	53
5.4	ส่วนประกอบพื้นฐานของเว็บเพื่อการเรียนการสอน	55
5.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการเรียนการสอนบนเว็บ.....	56
6.	การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking)	58
6.1	ความหมายของการคิดวิเคราะห์	59
6.2	ประเภทของการคิดวิเคราะห์	60
6.3	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการคิดวิเคราะห์.....	62
7.	การแก้ปัญหา (Problem-solving).....	62

7.1 ความหมายของการแก้ปัญหา.....	63
7.2 กระบวนการในการแก้ปัญหา	63
7.3 การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา.....	65
7.4 เครื่องมือและการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	67
7.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา	68
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	71
วัตถุประสงค์การวิจัย	71
ประชากร	71
กลุ่มตัวอย่าง.....	71
แบบแผนการวิจัย	73
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	73
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	75
1. แผนการจัดการเรียนรู้ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์	75
2. เว็บไซต์ในการเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์	76
3. วิดีทัศน์เสริมความรู้.....	78
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....	80
1. แบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์	80
2. แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์	81
3. แบบทดสอบการแก้ปัญหาในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์.....	82
4. แบบประเมินการทำโครงงานหุ่นยนต์.....	83
การรวบรวมข้อมูล	83
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	88
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	89
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 1	90
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 2	91
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	94
วัตถุประสงค์การวิจัย.....	94

สมมติฐานการวิจัย.....	94
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	94
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	95
การรวบรวมข้อมูล.....	95
สรุปผลการวิจัย.....	96
อภิปรายผลการวิจัย.....	96
ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้.....	105
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป.....	106
รายการอ้างอิง.....	107
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	212



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ความเหมือนและความแตกต่างของโครงการ 3 ประเภท	23
ตารางที่ 2 คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเวลาและสถานที่	47
ตารางที่ 3 กระบวนการแก้ปัญหา	64
ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคะแนนความรู้พื้นฐานก่อนเรียน	73
ตารางที่ 5 การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพสองแบบ	85
ตารางที่ 6 รายละเอียดในการดำเนินการทดลองการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา	86
ตารางที่ 7 รายละเอียดในการดำเนินการทดลองการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา(ต่อ)	87
ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่	90
ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่	91
ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่	92
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่	92

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ผังการทำงานโดยรวมเบื้องต้นของหุ่นยนต์อัตโนมัติ 36

ภาพที่ 2 การออกแบบ web-based instruction ของ (Hadjerrouit, 2010)..... 77



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงทางสังคมที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 ทำให้มนุษย์ต้องปรับตัวเองให้สามารถดำรงชีพอยู่ในยุคแห่งข้อมูลข่าวสาร มีความสามารถในการเรียนรู้และสามารถใช้นวัตกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นใหม่ ตลอดจนมีความสามารถในการทำงานและสื่อสารร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

การจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมผู้เรียนให้เหมาะกับศตวรรษที่ 21 นั้น มีทิศทางการเตรียมให้ผู้เรียนเป็นนักคิดวิเคราะห์ เป็นนักแก้ปัญหา เป็นนักสร้างสรรค์ เป็นนักประสานความร่วมมือ รู้จักใช้ข้อมูลและข่าวสาร เป็นผู้เรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นนักสื่อสาร ตระหนักรับรู้สถานะของโลก เป็นพลเมืองทรงคุณค่า มีพื้นฐานความรู้ เศรษฐกิจและการคลัง จะเห็นได้ว่า การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เป็นทักษะจำเป็นที่ผู้เรียนควรได้รับการปลูกฝังให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนนำทักษะดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ในชีวิตประจำวัน และสามารถนำผลการวิเคราะห์นั้นมาใช้ในการตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับตนเอง และอาจช่วยแก้ปัญหาของผู้อื่นได้ในอนาคต

การสอนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาเป็นการสอนที่มีความซับซ้อน เพราะการคิดวิเคราะห์เป็นกระบวนการภายในสมองของผู้เรียน การแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนต่อเนื่องจากการคิดวิเคราะห์ที่ผู้เรียนจะประมวลผลการวิเคราะห์ของตนเองและนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหา การสอนเพื่อการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาผู้สอนจึงควรเตรียมสถานการณ์ต่างๆ ไว้ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาได้สำเร็จ

วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ เป็นวิชาที่ได้สอดแทรกทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการแก้ปัญหาไว้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ของครูและกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ เป็นการเรียนแบบบูรณาการโดยการนำวิชาเทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์มาบูรณาการกัน เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ของนักเรียนในการวิเคราะห์ แก้ไขปัญหา เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ จึงกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เรียกว่า “สะเต็มศึกษา” (STEM: Science Technology Engineer and Mathematics Education) ซึ่งการเรียนการสอนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ในประเทศไทยได้จัดให้มีการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย อาชีวศึกษา และระดับอุดมศึกษา โดยส่วนใหญ่เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบเฉพาะกิจตามแต่ความต้องการของสถานศึกษา มุ่งความสำเร็จจากการแข่งขัน ด้วยวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์เป็นวิชาที่สามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนได้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาทักษะดังกล่าวผ่านวิชานี้

โลกปัจจุบันเป็นโลกที่เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กำลังเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง หากมองในทางบวก เทคโนโลยีมีส่วนช่วยในการสร้างคุณค่าทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมากเนื่องจากเทคโนโลยี ไอซีที ได้รับความสนใจในหมู่เด็กและเยาวชนมาก เด็กและเยาวชนเรียนรู้ผ่านสื่อเทคโนโลยีได้รวดเร็ว ในปัจจุบันทักษะการใช้โปรแกรมเป็นทักษะหนึ่งที่ตลาดแรงงานต้องการ และนักการศึกษาต่างให้ความสำคัญกับการศึกษาทางด้านนี้ จึงได้มีการนำเครื่องมือต่างๆ มาประยุกต์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ

ซึ่งหนึ่งในเครื่องมือเหล่านั้นคือ การใช้หุ่นยนต์ขนาดเล็กเพื่อมาประกอบการเรียนการสอนนั่นเอง หุ่นยนต์ที่นำมาใช้ประกอบการเรียนได้แก่ หุ่นยนต์โรโบโค้ดและหุ่นยนต์สแตมป์ รวมทั้งหุ่นยนต์ใน โซเบอร์สสเปซแบบโอเพ่นซอร์ส ที่ส่งเสริมการเรื่องการเรียนรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมให้เป็นเรื่อง สนุกสนาน ตื่นเต้น ท้าทาย และสร้างสรรค์แก่เยาวชนรุ่นใหม่เพื่อเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนา ประเทศ และกระตุ้นความสนใจในด้านการเขียนโปรแกรม และส่งเสริมให้เยาวชนได้ทำกิจกรรมและ ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์

จากการศึกษาการเรียนการสอนเกี่ยวกับหุ่นยนต์ในการศึกษาไทยนั้น ผู้วิจัยพบว่าการจัดการ เรียนรู้เกี่ยวกับหุ่นยนต์นั้นมีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน (Beginner level) การ จัดการเรียนรู้ขั้นกลาง (Middle level) การจัดการเรียนรู้ขั้นสูง (Advanced level) โดยการจัดการ เรียนรู้ขั้นพื้นฐานจัดให้กับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา การจัดการเรียนรู้ขั้นกลางจัดให้กับนักเรียน ในระดับอาชีวศึกษา และการจัดการเรียนรู้ขั้นสูงจัดให้กับนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา ซึ่งการจัดการ เรียนรู้ขั้นกลางและขั้นสูงนั้นในการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวกับหุ่นยนต์นั้นมีหลักสูตร และ แผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรที่ชัดเจน แต่การจัดการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานนั้นพบว่าโรงเรียนที่มีการ เปิดสอนรายวิชาที่เกี่ยวกับหุ่นยนต์ไม่มีแผนการจัดการเรียนรู้โดยเฉพาะ แต่ผู้สอนได้นำคู่มือการใช้ หุ่นยนต์มาเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการสอน จึงทำให้แผนการจัดการเรียนรู้มีได้มุ่งในด้านการ ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ และสามารถแก้ปัญหาได้ การนำคู่มือการใช้หุ่นยนต์มาเป็นแนวทาง ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นเพียงการสอนให้นักเรียนควบคุมหุ่นยนต์ให้ทำงานได้ตาม คำสั่งที่ต้องการแต่ขาดกระบวนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และ แก้ปัญหา (ปรีชญนันท์ นิลสุข และ จิรัฏฐ์ แจ่มสว่าง คำสัมภาษณ์, 2553)

เนื่องจากวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์เบื้องต้นต้องอาศัยความรู้จากหลายสาขา ได้แก่

1) ด้านกลไก 2) ด้านอิเล็กทรอนิกส์ 3) ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มาประกอบกัน ดังนั้นผู้เรียน จำเป็นจะต้องได้รับความช่วยเหลือที่มีความหลากหลายและแตกต่างกันไป ดังที่ไวท์ทอลล์กล่าวไว้ว่า ความสำคัญของความแตกต่างระหว่างบุคคลในการเรียนรู้ บางคนจะเรียนรู้ได้ก็ต่อเมื่อได้รับการชี้แนะ หรือความช่วยเหลือ แต่บางคนจะไม่สามารถที่จะเรียนรู้ได้แม้ว่าได้รับการช่วยเหลือ และเชื่อว่าการให้ ความช่วยเหลือชี้แนะเด็กมีความสำคัญมาก เพราะจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำงานที่อยู่เหนือระดับ ความสามารถของตนเองได้ และให้สัมฤทธิ์ผลตามวัตถุประสงค์ได้ (สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2553) ดังนั้นการเรียนการสอนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการเสริมศักยภาพ (Scaffolding) เพื่อให้ นักเรียนสามารถทำงานลุล่วงด้วยดี และพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีความสามารถในการรับรู้จากการ ถ่ายทอดไม่เท่ากัน และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ไม่เท่ากัน นักเรียนจึงต้องการการเสริมศักยภาพ เพื่อให้สามารถทำงานได้สำเร็จ

การเสริมศักยภาพ (Scaffolding) หมายถึง การให้ความช่วยเหลือในการเรียนรู้จาก ผู้เชี่ยวชาญ ผู้สอน หรือเพื่อนๆ ด้วยกันเอง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำงาน แก้ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไป ได้ด้วยดี ซึ่งเมื่อผู้เรียนปฏิบัติงานสำเร็จ การช่วยเหลือก็จะยุติลง ในการวิจัยนี้มีการเสริมศักยภาพด้วย บทเรียนบนเว็บที่มีการใช้วิดีโอที่เสริมความรู้ ผังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนสู่เพื่อน (Peer interaction) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน (Teacher interaction) รวมทั้งการใช้ บล็อก

และกระดานสนทนา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นเครื่องมือช่วยเสริมศักยภาพ เพื่อเชื่อมโยงความรู้ใหม่ Hannafin, Land, and Oilver (1999) กล่าวถึง การเสริมศักยภาพไว้ดังนี้ 1) การช่วยเหลือในการสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) 2) การช่วยเหลือด้านความคิด (Metacognition Scaffolding) 3) การช่วยเหลือด้านกระบวนการ (Procedure Scaffolding) เป็นการแนะแนวทางวิธีการใช้แหล่งการเรียนรู้และเครื่องมือ 4) การช่วยเหลือด้านกลยุทธ์ (Strategy Scaffolding) และแนวทางเกี่ยวกับการแก้ปัญหา ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่มีความแตกต่างกัน 2 แบบ

การเสริมศักยภาพแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น (Soft Scaffolding) และการเสริมศักยภาพแบบคงที่ (Hard Scaffolding) โดยที่แบบที่ 1 คือ การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น (Soft Scaffolding) เป็นการให้การช่วยเสริมศักยภาพที่เป็นการให้การสนับสนุนผู้เรียนตามความต้องการของผู้เรียนโดยเฉพาะแต่ละเรื่องโดยผู้สอน แล้วผู้สอนให้ผลตอบกลับแก่ผู้เรียน ซึ่งเป็นการชี้แนะแนวทางในการให้คำแนะนำหรือนำแนวทาง (Guide) ในการค้นหาคำตอบ การให้คำแนะนำทำได้ทั้งในลักษณะเป็นรูปแบบ และการให้คำแนะนำในกระบวนการกลุ่ม และแบบที่ 2 คือ การเสริมศักยภาพแบบคงที่ (Hard Scaffolding) เป็นการให้การช่วยเสริมศักยภาพที่เป็นการชี้แนะให้การสนับสนุนผู้เรียนให้สามารถพัฒนาจากความรู้เดิมให้มากขึ้นได้จากการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับข้อความของผู้สอน (Hannafin, Land, & Oilver, 1999)

ในการจัดการเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์นั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการแก้ปัญหา สาเหตุเพราะว่า การคิดวิเคราะห์เป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้และการดำเนินชีวิต บุคคลที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จะมีความสามารถด้านต่างๆ เหนือกว่าบุคคลอื่นทั้งด้านสติปัญญาและการดำเนินชีวิต การคิดวิเคราะห์เป็นพื้นฐานของการคิดทั้งหมด (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551) การคิดวิเคราะห์จึงเป็นทักษะทางปัญญาในระดับที่สูงขึ้นไปกว่าการเข้าใจและการประยุกต์ใช้ ที่สามารถแยกเรื่องราวต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยทั้งในด้านองค์ประกอบ ความสัมพันธ์และวิเคราะห์หลักการ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นทักษะการคิดที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาได้

ส่วนความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจ ความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์ไปใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบข้อมูล หาสาเหตุของปัญหาและตัดสินใจแก้ไขอย่างใดอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหา เมื่อต้องเผชิญกับปัญหาหรือความยุ่งยากเหล่านั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง นำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร งานวิจัย และตำรา พบว่า มีวิธีการสอนหลากหลายวิธีที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการแก้ปัญหา การจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยเสริมสร้างความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ตามความสนใจของผู้เรียน การออกแบบโครงการที่ดีจะกระตุ้นผู้เรียนให้มีการค้นคว้าอย่างกระตือรือร้นและใช้ทักษะการคิดขั้นสูง เพราะกิจกรรมในการเรียนการสอนแบบโครงการจะช่วยเพิ่มระดับความสามารถของผู้เรียนที่ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหามีความหมาย วิธีการสอนนี้จึงเหมาะสมกับการโปรแกรมหุ่นยนต์เป็นอย่างดี

ในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานนั้น (Project-based Learning) เป็นวิธีการเรียนการสอนวิธีหนึ่งที่มีคุณค่าสำคัญที่ผู้เรียนได้ค้นพบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเองโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และมีอาจารย์เป็นผู้ให้คำปรึกษา (พิมพันธ์ เตชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และราชน มีศรี, 2553) นอกจากนี้ยังทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน รู้จักพัฒนาวิธีการเรียนรู้ และแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548) ให้ความหมายของวิธีการเรียนรู้ด้วยโครงการว่า เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเป็นผู้ริเริ่มและเลือกเรื่องที่จะศึกษา นักเรียนเป็นผู้วางแผนในการศึกษาค้นคว้าเก็บข้อมูลด้วยตนเองตามความสนใจและระดับความรู้ความสามารถ รวบรวมข้อมูล ดำเนินการปฏิบัติทดลองหรือประดิษฐ์คิดค้น รวมทั้งการแปลผลสรุปผลและเสนอผลการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ในการตอบปัญหาที่สงสัยโดยมีอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ให้คำปรึกษา ดังนั้นวิธีการเรียนรู้ด้วยโครงการเป็นวิธีการเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ จากกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนในการทำโครงการจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจนำวิธีการเรียนรู้ด้วยโครงการมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสนใจนำเทคโนโลยีเสริมศักยภาพมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน โดยผู้วิจัยจะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนทำโครงการสนามแข่งขันสำหรับหุ่นยนต์ซึ่งจัดเป็นโครงการสิ่งประดิษฐ์ ผลการศึกษาในครั้งนี้จะส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาให้แก่ผู้เรียน อีกทั้งได้แนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานต่อไป

คำถามการวิจัย

1. การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หรือไม่
2. การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีความสามารถในการแก้ปัญหาหรือไม่

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแตกต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแตกต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแตกต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกัน
4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแตกต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานมีความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกัน

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากร

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2556 ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. กลุ่มตัวอย่าง

2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 23 คน โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่เรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ด้วยการเลือกที่เจาะจง ด้วยเกณฑ์ 1) เป็นโรงเรียนที่เปิดสอนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์มาต่อเนื่อง 2) มีความพร้อมของชุดอุปกรณ์และบุคลากรสอน กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น จำนวน 11 คน และกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบคงที่ จำนวน 12 คน

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลตลอดภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ครั้งละ 2 ชั่วโมง

4. วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ เป็นวิชาเลือกในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นการศึกษากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์แม้ว่าแต่ละโรงเรียนจะมีการเลือกใช้ชุดอุปกรณ์โปรแกรมหุ่นยนต์แตกต่างกัน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ

ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัย คือ การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนที่ต่างกัน แบ่งได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1.1. การเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่น (Soft Scaffolding)

1.2. การเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบคงที่ (Hard Scaffolding)

2. ตัวแปรตาม

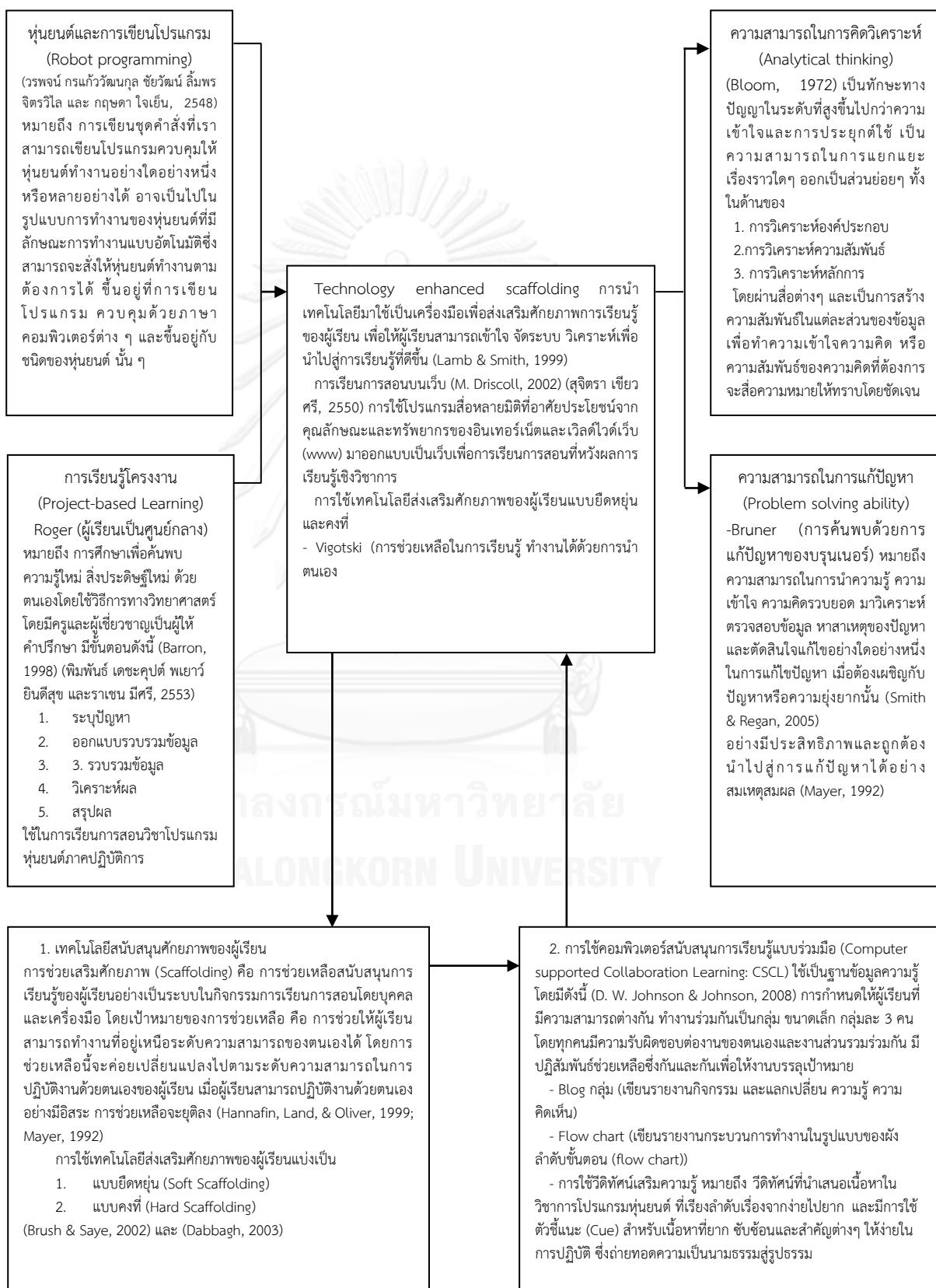
2.1 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กรอบแนวคิดในการวิจัย ผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้
แบบโครงการเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการโปรแกรม
หุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น



คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. การเทคโนโลยีเสริมศักยภาพ (Technology enhanced scaffolding) หมายถึง วิธีการช่วยเหลือสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างเป็นระบบในกิจกรรมการสอน โดยบุคคลและเครื่องมือแนะนำของครู โดยใช้กระบวนการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ที่นำเทคโนโลยีมามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้จนสามารถพัฒนาความสามารถจนสามารถทำงานได้ด้วยตนเอง การช่วยเหลือจึงยุติลง โดยมีการใช้ 2 แบบ

1.1 เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยึดหยุ่น หมายถึง การช่วยเหลือ ชี้แนะของครู โดยใช้กระบวนการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ที่นำเทคโนโลยีมามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้อุ้เดิมกับความรู้ใหม่ เป็นการสนับสนุน ส่งเสริมผู้เรียนตามความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน เป็นการให้คำแนะนำด้านกระบวนการคิด (Metacognitive Scaffolding) เป็นรายบุคคลเพื่อให้ผู้เรียนวางแผนสร้างแนวคิด ติดตามการทำงาน และแนะนำวิธีการใช้แหล่งทรัพยากรและเครื่องมือ บอกวิธีใช้เครื่องมือในการค้นหาคำตอบผ่านทางบล็อกกลุ่ม (blog) ซึ่งเป็นการเสริมศักยภาพแบบกระบวนการ (Procedural Scaffolding) จนผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้อุ้เดิมกับความรู้ใหม่ เกิดการเรียนรู้จนสามารถพัฒนาความสามารถจนสามารถทำงานได้ด้วยตนเอง การช่วยเหลือจึงยุติลง นอกจากนี้ผู้สอนพร้อมให้ความช่วยเหลือแก่ผู้เรียนตามความต้องการของผู้เรียนในทันทีที่ผู้เรียนร้องขอ

1.2 เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบคงที่ หมายถึง การช่วยเหลือ ชี้แนะของครู โดยใช้กระบวนการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ที่นำเทคโนโลยีมามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้อุ้เดิมกับความรู้ใหม่ เป็นการให้คำแนะนำขณะผู้เรียนอยู่ในกระบวนการกลุ่ม โดยการช่วยสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) ให้กับผู้เรียน การให้เหตุผลเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ใช้วิธีการบอกใบ้เพื่อแนะแนวทางให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งทรัพยากรหรือฐานข้อมูลได้ มีการเสริมศักยภาพแบบกลยุทธ์ (Strategies Scaffolding) โดยใช้ยุทธศาสตร์ในการเรียน คิดหาทางออกโดยวิธีแก้ปัญหาต่างๆ ผ่านทางกระดานสนทนา (web board) จนผู้เรียนเกิดการเรียนรู้สามารถพัฒนาความสามารถจนสามารถทำงานได้ด้วยตนเอง การช่วยเหลือจึงยุติลง โดยผู้สอนได้เตรียมการสอน สื่อการเรียนรู้ แหล่งการเรียนรู้ ทรัพยากรการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีใช้ทรัพยากรการเรียนรู้ไว้ล่วงหน้า

2. การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Computer-Supported Collaborative Learning: CSCL) หมายถึง การจัดหาเครื่องมือมาสนับสนุนการร่วมมือกันแก้ปัญหาประกอบด้วยภาพต่างๆ (Visualization) ซึ่งจะอยู่ในรูปของมัลติมีเดีย ได้แก่ วิดิทัศน์เสริมความรู้ (Extended Video) หมายถึง สื่อภาพเคลื่อนไหว และเสียงที่นำเสนอบนจอแสดงภาพ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนโดยการนำเสนอข้อความและภาพที่เป็นความรู้ในการเรียนรู้วิชาโปรแกรมหุ่นยนต์และการทำโครงการ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้และประสบการณ์เพิ่มเติม และเครื่องมือที่ใช้ในการสนทนา (Argumentation tools) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสนทนาโต้แย้ง คัดค้านที่มีเหตุผล และสนับสนุนการอภิปรายเป็นกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วย การใช้บล็อกกลุ่ม (blog) และกระดานสนทนา (web board) (เขียนรายงานกิจกรรม แลกเปลี่ยน ความรู้ ความคิดเห็น) และการใช้ Flow chart (เขียนรายงานกระบวนการทำงานในรูปแบบของผังลำดับขั้นตอน (flow chart))

3. การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) หมายถึง กิจกรรมที่ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติตั้งแต่เริ่มเลือกเรื่องศึกษา วางแผน รวบรวมข้อมูล ปฏิบัติ ทดลอง แปรผล สรุปผล เสนอผลการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง การตอบปัญหาที่สงสัย โดยจะมีครูหรือผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คำปรึกษา เป็นวิธีการเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการวิเคราะห์และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

4. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking Ability) หมายถึง คะแนนที่ได้จากความสามารถของผู้เรียน วัดจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ตามแนวคิดของ Bloom (1972) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ แบ่งลักษณะการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเภทคือ 1) การวิเคราะห์ด้านเนื้อหา 2) การวิเคราะห์ด้านหลักการ และ 3) การวิเคราะห์ด้านความสัมพันธ์

5. ความสามารถในการแก้ปัญหา (Problem Solving Ability) หมายถึง คะแนนที่ได้จากความสามารถของผู้เรียน วัดจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ตามกระบวนการแก้ปัญหาของ (Weir (1974)) เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 28 ข้อ ประกอบด้วย 1) การระบุปัญหา หมายถึง ความสามารถในการอธิบายสภาพปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ว่าอะไรคือปัญหาของสถานการณ์นั้น 2) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุที่มาของปัญหา 3) การเสนอวิธีการแก้ไขปัญหา หมายถึง ความสามารถในการหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม 4) การตรวจสอบผลการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการบอกผลที่เกิดจากการแก้ปัญหา

6. การเรียนการสอนบนเว็บ หมายถึง การเรียนการสอนโดยนำทรัพยากรที่มีอยู่ในระบบอินเทอร์เน็ตมาออกแบบการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอนในบทเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ซึ่งมีการใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนแบบร่วมมือในการเสริมศักยภาพของผู้เรียน มีวัตถุประสงค์เสริมความรู้ บล็อกกลุ่ม (Blog) กระดานสนทนา (Web board) ซึ่งเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายที่ผู้เรียนสามารถเรียนได้ทุกที่ทุกเวลาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ และสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีความหมาย

7. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น หมายถึง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่สนใจลงทะเบียนเรียนในวิชาเลือกเสรี วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ด้านการจัดการเรียนรู้ ได้แผนการจัดการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้วิชาการโปรแกรม 4 หน่วยงาน
2. ด้านผู้เรียน ได้ปลูกฝังทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา อันจะทำให้ผู้เรียนมีทักษะติดตัวไปใช้ในอนาคต
3. ด้านผู้สอน ได้นำเทคโนโลยีเสริมศักยภาพมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนได้ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินผลงาน สื่อการเรียนรู้ และแบบทดสอบ
4. เพื่อเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีเสริมศักยภาพไปพัฒนางานวิจัยในระดับการศึกษาและศาสตร์อื่น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงาน เป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอ ตามลำดับได้ดังนี้

1. การเสริมศักยภาพการเรียนรู้ (Scaffolding)
 - 1.1 ความหมายของการเสริมศักยภาพการเรียนรู้
 - 1.2 รูปแบบของการเสริมศักยภาพการเรียนรู้
 - 1.3 องค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนการสอนแบบเสริมศักยภาพ
 - 1.4 แนวทางในการสอนแบบเสริมศักยภาพ
 - 1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning)
 - 2.1 ความหมายโครงงาน
 - 2.2 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงงาน
 - 2.3 ประเภทของการทำโครงงาน
 - 2.4 ขั้นตอนในการทำโครงงาน
 - 2.5 การประเมินโครงงาน
 - 2.6 การประเมินผลการทำโครงงาน
 - 2.7 การประเมินผลกระบวนการผลิต
 - 2.8 การพัฒนาตัวบ่งชี้และเกณฑ์การประเมินการเรียนรู้
 - 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน
3. การเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์ (Robot programming)
 - 3.1 ความหมายของการเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์
 - 3.2 ความรู้เรื่องหุ่นยนต์
 - 3.3 การเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้หุ่นยนต์ทำงาน
 - 3.4 ประเภทของหุ่นยนต์
 - 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์
4. แนวคิดคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้อย่างร่วมมือ (Computer Supported Collaboration Learning: CSCL)
 - 4.1 การจัดประเภทเครื่องมือที่ใช้ในคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 4.2 ประโยชน์ที่ได้จากการใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ
5. การเรียนการสอนบนเว็บ (Web-based Instruction)

- 5.1 ความหมายการเรียนการสอนบนเว็บ
- 5.2 ลักษณะการเรียนการสอนบนเว็บ
- 5.3 การจัดการเรียนการสอนบนเว็บ
- 5.4 ส่วนประกอบพื้นฐานของเว็บเพื่อการเรียนการสอน
- 5.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการเรียนการสอนบนเว็บ
6. การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking)
 - 6.1 ความหมายของการคิดวิเคราะห์
 - 6.2 ประเภทของการคิดวิเคราะห์
 - 6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการคิดวิเคราะห์
7. การแก้ปัญหา (Problem-solving)
 - 7.1 ความหมายของการแก้ปัญหา
 - 7.2 กระบวนการในการแก้ปัญหา
 - 7.3 การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 7.4 เครื่องมือและการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 7.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการแก้ปัญหา

1. การเสริมศักยภาพการเรียนรู้ (Scaffolding)

การเสริมศักยภาพ (Scaffolding) เป็นการช่วยผู้เรียนในการเรียนรู้ มีต้นกำเนิดมาจากแนวคิดของ Vygotsky (1978) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้โดยมีการช่วยเสริมศักยภาพ เป็นการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นโดยมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้เรียนและผู้เชี่ยวชาญหรือผู้สอนที่จะต้องมีการสื่อสารร่วมกัน ผู้สอนจะคอยแนะนำผู้เรียนเพื่อให้ความสามารถของผู้เรียนได้รับการพัฒนา และปรับปรุงอย่างเหมาะสม ซึ่ง Vygotsky ได้เรียกพื้นที่ระหว่างระดับความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนและระดับความสามารถที่ผู้เรียนสามารถพัฒนาได้เมื่อได้รับการช่วยเหลือและสนับสนุนว่า “Zone of Proximal Development” หรือ “ZPD”

1.1 ความหมายของการเสริมศักยภาพการเรียนรู้

นักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ความหมายของการเสริมศักยภาพการเรียนรู้ (Scaffolding) ไว้ดังนี้

Dixon-Krauss (1996) ได้ให้คำจำกัดความการเสริมศักยภาพการเรียนรู้ไว้ว่า เป็นการที่ผู้สอนมอบหมายงานให้ผู้เรียนเรียนรู้ มีการแนะนำ ชี้แนะ โดยการพูดคุยสนทนากับผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางในการที่ผู้เรียนจะเรียนรู้งานนั้นๆ

Eggen and Kauchank (1997) ได้นิยามการเสริมศักยภาพการเรียนรู้ไว้ว่า เป็นการช่วยเหลือที่ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนทำงานได้สำเร็จซึ่งงานนั้นเป็นงานที่ผู้เรียนไม่สามารถทำให้สำเร็จได้ด้วยตนเอง

Larkin (2001) ได้กล่าวไว้ว่า การเรียนการสอนแบบใช้การเสริมศักยภาพการเรียนรู้ (Scaffolding) เป็นการช่วยเหลือสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถทำงานให้สำเร็จ และเมื่อผู้เรียนต้องการทำสิ่งใหม่หรือสิ่งที่ยากขึ้น ผู้เรียนอาจจะต้องความช่วยเหลือมากยิ่งขึ้น และเมื่อผู้เรียนเริ่มทำงานนั้นได้สำเร็จ การช่วยเหลือสนับสนุนนั้นจะค่อยๆ ลดลง จนกระทั่งผู้เรียนสามารถรับผิดชอบหรือทำงานนั้นได้ด้วยตนเอง การช่วยเหลือจึงยุติลง

Brush and Saye (2002) กล่าวว่า การเสริมศักยภาพเป็นเสมือนเครื่องมือ (tools) กลยุทธ์ (strategy) และแนวทาง (guide) ที่สนับสนุนให้ผู้เรียนมีความสามารถที่จะเข้าใจได้ในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นระดับที่ผู้เรียนไม่สามารถทำได้ด้วยตนเอง

McLoughlin (2002) กล่าวว่า การเสริมศักยภาพที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดโอกาสของความล้มเหลวในงานที่ผู้เรียนกำลังทำ ทำให้ผู้เรียนสามารถทำงานที่ตัวเองไม่สามารถทำได้ด้วยตนเองสำเร็จ มีความเข้าใจในระดับที่สูงขึ้น และนำไปสู่ความสามารถในการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

กมล โพธิ์เย็น (2547) ได้กล่าวไว้ว่า การเสริมศักยภาพการเรียนรู้เป็นกระบวนการช่วยเหลือสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ โดยมีผู้สอนคอยให้ความช่วยเหลือ หรือผู้เรียนช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เป็นปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างผู้เรียนและผู้สอน หรือผู้ที่มีศักยภาพมากกว่า เป้าหมายคือต้องการที่จะให้ผู้เรียนสามารถทำให้เสร็จได้ด้วยตนเอง วิธีการช่วยเหลือจะค่อยๆ เปลี่ยนแปลงไปตามระดับความสามารถ เมื่อผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้ด้วยตนเองอย่างอิสระแล้ว การช่วยเหลือในกิจกรรมนั้นจะยุติลง

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเสริมศักยภาพการเรียนรู้ หมายถึง เป็นกระบวนการช่วยเหลือสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างเป็นระบบโดยมีผู้สอนคอยให้การช่วยเหลือ หรือผู้เรียนให้การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ซึ่งเป็นปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างผู้เรียน ผู้สอน หรือผู้ที่มีศักยภาพมากกว่า รวมถึงเครื่องมือชนิดต่างๆ และแหล่งการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถใช้ในการช่วยเหลือตนเองในกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีเป้าหมายคือ การช่วยให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานที่ผู้เรียนไม่สามารถทำได้สำเร็จได้ด้วยตนเองให้สำเร็จได้ด้วยตนเอง วิธีการช่วยเหลือจะค่อยๆ เปลี่ยนแปลงไปตามระดับความสามารถในการปฏิบัติงานด้วยตนเอง และเมื่อผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้ด้วยตนเองอย่างอิสระ การช่วยเหลือนั้นจะยุติลง ในเรื่องนี้ Larkin (2002) กล่าวถึงประโยชน์ของการเสริมศักยภาพว่ามีประสิทธิผล คือ 1) ลดโอกาสของความล้มเหลวในงานที่ผู้เรียนกำลังใช้ความพยายาม 2) ช่วยให้ผู้เรียนทำงานที่ตนไม่สามารถทำได้ด้วยตนเองได้สำเร็จ 3) ช่วยนำผู้เรียนไปสู่ระดับความเข้าใจที่สูงขึ้น 4) นำผู้เรียนไปสู่ความสามารถในการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

1.2 รูปแบบของการเสริมศักยภาพการเรียนรู้

Brush and Saye (2002) แบ่งการเสริมศักยภาพการเรียนรู้เป็น 2 ประเภทคือ

1. การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น (Soft Scaffolding) หมายถึง ความช่วยเหลือที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ ซึ่งจัดโดยผู้สอนหรือเพื่อนช่วยเพื่อนในกระบวนการเรียน การเสริม

ศักยภาพแบบยืดหยุ่นนี้ผู้สอนจะต้องวินิจฉัยความเข้าใจของผู้เรียนอย่างต่อเนื่องและจัดการช่วยเหลือโดยดูจากการตอบสนองของผู้เรียน

2. การเสริมศักยภาพแบบคงที่ (Hard Scaffolding) หมายถึง ความช่วยเหลือที่ผู้สอนได้วางแผนไว้ล่วงหน้าแล้ว โดยความช่วยเหลือที่เตรียมการไว้มาจากปัญหาที่กลุ่มผู้เรียนทั่วไปพบในการทำภาระงานนั้น

Hannafin, Land, and Oliver (1999) ได้แบ่งรูปแบบการเสริมศักยภาพเป็น 2 รูปแบบ คือ

1 การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น (Soft Scaffolding) เป็นการให้การสนับสนุนผู้เรียนตามความต้องการของผู้เรียนโดยเฉพาะแต่ละคนโดยผู้สอน แล้วให้ผลตอบกลับแก่ผู้เรียน การสนับสนุนอาจเป็นได้ทั้งการให้คำแนะนำหรือแนวทาง (Guide) ในการค้นหาคำตอบ การให้คำแนะนำในกระบวนการกลุ่มซึ่งการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น (Soft Scaffolding) นั้นประกอบด้วย การเสริมศักยภาพเกี่ยวกับกระบวนการคิด (Metacognition Scaffolding) และ การเสริมศักยภาพด้านกระบวนการ (Procedural Scaffolding)

1.1 การเสริมศักยภาพเกี่ยวกับกระบวนการคิด (Metacognition Scaffolding) เป็นการช่วยเหลือที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนซึ่ง ผู้สอนจะชี้แนะวิธีการคิดระหว่างการเรียนรู้ วิธีการคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้เรื่องที่ศึกษาและแนวทางที่เป็นได้ที่ผู้เรียนควรนำมาพิจารณา

1.2 การเสริมศักยภาพด้านกระบวนการ (Procedural Scaffolding) เป็นการช่วยเหลือโดยการแนะนำวิธีการใช้แหล่งทรัพยากรและเครื่องมือ การเสริมศักยภาพด้านกระบวนการเกี่ยวข้องกับระบบและการทำงานของเรื่องที่ศึกษา

2. การเสริมศักยภาพแบบคงที่ (Hard Scaffolding) เป็นการสนับสนุนให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้เดิมของตนเองให้เพิ่มมากขึ้น โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมของผู้เรียนกับข้อความที่ผู้สอนเตรียมมา การเสริมศักยภาพแบบคงที่ (Hard Scaffolding) นั้นประกอบด้วย การเสริมศักยภาพการสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) และการเสริมศักยภาพด้านกลยุทธ์ (Strategic Scaffolding)

2.1 การเสริมศักยภาพการสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) เป็นการช่วยเหลือผู้เรียนในการใช้เหตุผล แนะนำแนวทาง กระบวนการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและนำไปสู่การสร้างความคิดรวบยอดที่ถูกต้อง

2.2 การเสริมศักยภาพด้านกลยุทธ์ (Strategic Scaffolding) เป็นการสนับสนุนการวิเคราะห์ การวางแผนยุทธศาสตร์ กลยุทธ์การตัดสินใจระหว่างการเรียนรู้ของผู้เรียน เน้นการแยกแยะ และเลือกสรรสารสนเทศที่ต้องการ การประเมินแหล่งทรัพยากรที่จัดหาได้ มีการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

Sherman (2005) ได้แบ่งรูปแบบของการเสริมศักยภาพออกเป็น 6 ประเภทดังนี้

1. การเสริมศักยภาพด้านวิธีการปฏิบัติงาน (Procedural Scaffolding) เป็นการให้คำแนะนำในการใช้ทรัพยากรและเครื่องมือในการเรียน เช่น การให้ออกสารเกี่ยวกับการเรียน วิธีปฏิบัติงาน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน แผนภาพโดยรวมวิธีการปฏิบัติงาน

2. การเสริมศักยภาพด้านกระบวนการ (Process Scaffolding) เป็นการช่วยให้ผู้เรียนรู้ตำแหน่งของตัวเองว่ากำลังอยู่ในตำแหน่งใดในการเรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดได้ว่าสิ่งที่พวกเขาจำเป็นต้องทำมีอะไรบ้างเพื่อที่จะได้ทำงานได้สำเร็จ เช่น การแสดงภาพรวมกระบวนการทำงาน การให้ผังมโนทัศน์กระบวนการทำงาน การให้แผนที่เว็บไซต์

3. การเสริมศักยภาพด้านการสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) เป็นการให้คำแนะนำเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนต้องการในการพิจารณาแก้ปัญหา หรือการสะท้อนประสบการณ์การเรียนรู้ เช่น การใช้แผนผังมโนทัศน์และภาพรวม การจัดการอภิปราย การใช้ห้องสนทนา เกี่ยวกับหัวเรื่องต่างๆ

4. การเสริมศักยภาพด้านกระบวนการคิด (Metacognitive Scaffolding) ช่วยให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการเรียนหรือการคิดที่ดีที่สุดเกี่ยวกับปัญหาที่กำลังศึกษาอยู่ โดยช่วยเหลือผู้เรียนในการวางแผน ช่วยผู้เรียนในการตั้งเป้าหมายและจุดประสงค์ และการกำหนดเวลาสำหรับโครงการ ช่วยผู้เรียนสร้างแนวคิด กำหนดแผนที่การทำงาน ช่วยเหลือให้ผู้เรียนติดตามความคืบหน้าในการเรียน และมีการช่วยเหลือด้านการประเมิน โดยผู้สอนรับความคิดเห็นผ่านเว็บห้องสนทนา ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์

5. การเสริมศักยภาพด้านกลยุทธ์ (Strategic Scaffolding) การช่วยเหลือโดยการให้ยุทธศาสตร์ในการเรียน ช่วยคิดทางออกของวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ โดยผ่านกระดานสนทนา หรือห้องสนทนา

6. การเสริมศักยภาพด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (Interpersonal Scaffolding) เป็นการช่วยเหลือโดยการให้คำแนะนำเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความสะดวก อาทิ การให้ต้นแบบ แบบจำลอง ของตัวอย่าง และแบบตรวจสอบรายการปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่ม แผนภูมิแสดงการมอบหมายหน้าที่ภายในกลุ่ม

Simons and Klien (2007) ได้จำแนกรูปแบบการเสริมสร้างศักยภาพ (Scaffolding) ไว้ดังนี้

1. การเสริมศักยภาพแบบการสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) เป็นการให้การแนะนำถึงสิ่งที่ต้องพิจารณาในการแก้ไขปัญหา เสนอแนะเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหา ใช้การแจ้งแก่ผู้เรียนอย่างชัดเจน หรือใช้การบอกใบ้หากจำเป็น

2. การเสริมศักยภาพแบบการรับรู้ความคิดด้วยตนเอง (Metacognitive Scaffolding) เป็นการให้การแนะนำวิธีการคิดระหว่างการเรียนรู้ เสนอแนะวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา และบทบาทของผู้เรียนระหว่างดำเนินการแก้ปัญหา เสนอแนะให้ผู้เรียนวางแผนการล่องหน้า ประเมินความก้าวหน้าในการแก้ปัญหา

3. การเสริมศักยภาพแบบกระบวนการ (Procedural Scaffolding) เป็นการเสนอแนวทางในการทำงาน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจระบบการทำงาน

4. การเสริมศักยภาพแบบด้านยุทธศาสตร์ (Strategic Scaffolding) เป็นการช่วยเหลือผู้เรียนในการวิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจนำการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่มาใช้ในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์มาใช้ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1.3 องค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนการสอนแบบการเสริมศักยภาพ

Puntambekar and Kolodner (2005) อธิบายองค์ประกอบสำคัญของการเรียนการสอนแบบการเสริมศักยภาพไว้ 5 ประการ ได้แก่

1. การเข้าใจเป้าหมายของกิจกรรมร่วมกัน
2. การวินิจฉัยระดับความเข้าใจของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถให้การสนับสนุนที่เหมาะสม ดังนั้นผู้สอนต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับงานและองค์ประกอบย่อยของงานและจุดประสงค์ที่ต้องการบรรลุ รวมทั้งความสามารถของผู้เรียนที่เปลี่ยนแปลงไปตามความก้าวหน้าในการเรียน
3. การสนับสนุนที่ปรับเปลี่ยนได้ การวินิจฉัยระดับความเข้าใจของผู้เรียนอย่างต่อเนื่องจะนำไปสู่การช่วยเหลืออย่างค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งผู้สอนจะให้การช่วยเหลือผู้เรียนทีละขั้นตอน
4. การสนทนาและปฏิสัมพันธ์ บทสนทนาและปฏิสัมพันธ์ช่วยให้ผู้สอนสามารถประเมินความเข้าใจของผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่อง
5. การลดความช่วยเหลือและการถ่ายโอนความรับผิดชอบสู่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนควบคุมและรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง

Larkin (2002) เสนอองค์ประกอบที่จำเป็นในการเรียนการสอนแบบเสริมศักยภาพ 8 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและหลักสูตร ผู้สอนจะต้องพิจารณาเป้าหมายของหลักสูตรและความต้องการของผู้เรียนเพื่อเลือกงานที่เหมาะสมให้แก่ผู้เรียน
2. ตั้งเป้าหมายร่วมกัน ผู้เรียนจะมีแรงจูงใจและใส่ใจในกระบวนการเรียนมากขึ้น เมื่อผู้สอนมีการวางแผนเป้าหมายการเรียนรู้ร่วมกับผู้เรียน
3. วินิจฉัยความต้องการและความเข้าใจของผู้เรียน ผู้สอนต้องมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาและไวต่อการรับรู้เกี่ยวกับผู้เรียน เช่น ความรู้พื้นฐานและความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องของผู้เรียน
4. จัดการสนับสนุนที่เหมาะสมกับผู้เรียน รวมถึงการชี้แนะ การตั้งคำถามกับการเป็นต้นแบบ การบอกหรือการโต้ตอบกับผู้เรียน ผู้สอนจะต้องใช้สิ่งเหล่านี้เมื่อจำเป็นและปรับให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้เรียน รวมทั้งกระตุ้นให้ผู้เรียนไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ
5. ดำรงความต้องการให้บรรลุเป้าหมาย ผู้สอนอาจตั้งคำถามหรือขอคำอธิบายจากผู้เรียน ชมเชย เมื่อตอบถูก และให้กำลังใจเพื่อช่วยให้ผู้เรียนไปตามเป้าหมาย

6. ให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อช่วยให้ผู้เรียนตรวจสอบความต้องการของตนเอง ผู้สอนอาจสรุปความก้าวหน้าของผู้เรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนไปตามเป้าหมาย

7. ควบคุมการผิดหวังและการเสี่ยงของผู้เรียน ผู้สอนอาจสร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสบายใจที่จะเรียนรู้โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนลองเลือกทางเลือกต่างๆ

8. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเองและมีการนำไปใช้ในบริบทอื่นๆ ซึ่งหมายถึง การที่ผู้สอนช่วยให้ผู้เรียนพึ่งพิงผู้สอนน้อยลง หรือการทำงานให้เสร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยนำองค์ประกอบในการเรียนการสอนแบบเสริมศักยภาพมาใช้ระหว่างดำเนินกิจกรรม และเมื่อเห็นว่าผู้เรียนสามารถทำงานได้ด้วยตนเองแล้ว ความช่วยเหลือจะหยุดลง

1.4 แนวทางในการสอนแบบเสริมศักยภาพ

Larkin (2002) เสนอแนวทางในการสอนแบบเสริมศักยภาพไว้ดังนี้

1. การเริ่มต้นเรียนในสิ่งที่คุณเรียนสามารถทำได้เนื่องจากผู้เรียนต้องการทราบถึงความสามารถของตนเอง และความรู้สึกที่ดีเกี่ยวกับงานที่สามารถทำได้ด้วยตนเอง โดยมีการช่วยเหลือเพียงเล็กน้อยหรือไม่ต้องช่วยเหลือเลย

2. ช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จโดยเร็ว แม้ว่าผู้เรียนต้องการงานที่ท้าทาย แต่ความคับข้องใจและความล้มเหลวซ้ำแล้วซ้ำอีก อาจเกิดขึ้นได้ถ้าผู้เรียนไม่ประสบความสำเร็จในการทำงานบ่อยๆ

3. ช่วยให้ผู้เรียน “เป็น” เหมือนบุคคลอื่นๆ ผู้เรียนต้องการจะ “เหมือน” และได้รับการยอมรับจากเพื่อน การให้โอกาสและการสนับสนุนอาจทำให้ผู้เรียนบางคนทำงานหนักมากขึ้นเพื่อเพิ่มความสามารถใกล้เคียงกับเพื่อน

4. รู้เวลาที่จะหยุดช่วยเหลือ การฝึกปฏิบัติมีความสำคัญในการจำและประยุกต์ใช้ความรู้ของผู้เรียน การฝึกปฏิบัติถ้ามากเกินไป อาจเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ เมื่อเห็นว่าผู้เรียนแสดงความสามารถทำงานได้ ควรหยุดการช่วยเสริมศักยภาพ

5. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง การเสริมศักยภาพควรมีการค่อยลดทีละเล็กละน้อย เมื่อผู้เรียนเริ่มแสดงความเชี่ยวชาญ ควรหยุดการเสริมศักยภาพ เมื่อผู้เรียนสามารถทำงานนั้นด้วยตนเอง

ผู้วิจัยนำแนวทางในการสอนแบบเสริมศักยภาพมาใช้ระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ความแตกต่างระหว่างการสอนแบบเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและการเสริมศักยภาพแบบคงที่แสดงไว้ดังนี้

1. การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น (Soft Scaffolding)

1.1 ให้คำแนะนำตามความต้องการของผู้เรียนเฉพาะเรื่อง

1.2 ให้คำแนะนำเกี่ยวกับกระบวนการคิด (Metacognition Scaffolding) การวางแผนสร้างแนวคิด ติดตามความคืบหน้าของการทำงาน โดยแนะนำวิธีการใช้แหล่งทรัพยากรและเครื่องมือในการเรียน

1.3 แนะนำหรือบอกให้เป็นรายบุคคล

1.4 ตรวจสอบงานและเฉลยผลให้ผู้เรียนทราบในวันถัดไป เนื่องจากผู้สอนต้องตรวจแก้ไขคำตอบของผู้เรียนเป็นรายบุคคล

1.5 เมื่อเห็นว่าผู้เรียนทำได้ด้วยตนเอง การช่วยเหลือจะยุติลง

2. การเสริมศักยภาพแบบคงที่ (Hard Scaffolding)

2.1 ให้ความช่วยเหลือตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว โดยความช่วยเหลืออยู่บนพื้นฐานของปัญหาที่กลุ่มผู้เรียนทั่วไปพบในการทำงาน

2.2 ช่วยสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) ให้กับผู้เรียน การให้เหตุผลเพื่อแก้ไขปัญหาคือใช้การบอกใบ้เพื่อแนะแนวทางให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งทรัพยากรหรือฐานข้อมูลได้

2.3 ใช้การเสริมศักยภาพด้านกลยุทธ์ (Strategies Scaffolding) เพื่อให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ วางแผนยุทธศาสตร์ ตัดสินใจเลือกสารสนเทศที่ต้องการ เพื่อนำไปสู่คิดหาทางออกของวิธีแก้ปัญหาต่างๆ

2.4 ให้คำแนะนำขณะผู้เรียนอยู่ในกระบวนการกลุ่ม

2.5 ตรวจสอบที่ส่งทันที และเฉลยผลให้ทราบทันทีเนื่องจากมีค่าเฉลยเตรียมไว้ล่วงหน้า

สรุปจากนักวิชาการต่างๆ ได้ว่าการช่วยเสริมศักยภาพสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น เป็นการช่วยเสริมศักยภาพที่สามารถปรับเปลี่ยนไปตามความต้องการและความสนใจของผู้เรียนเฉพาะเรื่อง โดยมีครูผู้สอนให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด และการเสริมศักยภาพแบบคงที่ เป็นการเสริมศักยภาพที่มีการจัดเตรียมไว้ให้ผู้เรียนล่วงหน้าบนพื้นฐานปัญหาที่เคยประสบมาในการทำงานต่างๆ ไป ซึ่งอาจสอดแทรกอยู่ในซอฟต์แวร์มัลติมีเดียและไฮเปอร์มีเดียเพื่อช่วยสนับสนุนการทำงาน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่สนับสนุนการเสริมศักยภาพเพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำงานได้ด้วยตนเองอย่างเต็มศักยภาพ

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน

สุจิตรา เขียวศรี (2550) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบบนเว็บไซต์วิทยาศาสตร์โดยใช้การช่วยเสริมศักยภาพเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาผลการทดลองที่ได้คือผู้เรียนที่ได้ทดลองใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนดีกว่าอีกกลุ่มที่ไม่ได้ใช้การช่วยเสริมศักยภาพ

ศศิวรรณ ขำนิยนต์ (2552) วิจัย เรื่อง ผลของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักบนเว็บที่มีการช่วยเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แผนการเรียนรู้อบบใช้ปัญหาเป็นหลักที่มีรูปแบบการช่วยเสริมศักยภาพแบบปรับเปลี่ยน (Soft Scaffolding) และคงที่ (Hard Scaffolding) ที่เรียนบนเว็บ ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยการใช้ปัญหาเป็นหลักที่มีการช่วยเสริมศักยภาพที่แตกต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ฉัตรวรรณ ลัญฉวรรณะกร (2554) วิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการเรียนการสอนแบบเสริมศักยภาพการอ่านโดยใช้มายด์ทูลด้วยข้อมูลเชิงหลักฐาน เพื่อส่งเสริมทักษะการอ่านและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีปัญหาทางการอ่าน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ และทำการทดสอบเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการอ่าน ความเข้าใจความ การอ่านอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนและหลังเรียน ผลปรากฏว่า นักเรียนมีความสามารถสูงขึ้นในทักษะการอ่านพื้นฐานที่มีปัญหา และสัมพันธ์กับการพัฒนาทักษะการอ่านพื้นฐานด้านอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่มีปัญหาทางการอ่านที่ได้รับการพัฒนาการอ่านด้วยระบบการเรียนการสอนแบบเสริมศักยภาพการอ่าน มีความสามารถทางการอ่านเข้าใจความ ความสามารถทางการอ่านอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และระดับของการเสริมศักยภาพในระบบการเรียนการสอนแบบเสริมศักยภาพการอ่านมีลักษณะความช่วยเหลือลดลงที่แต่ละระดับ

สนิท ตีเมืองซ้าย มนต์ชัย เทียนทอง และสุพจน์ นิตยส์วัฒน์ (2552) พัฒนาโมดูลการช่วยเสริมศักยภาพทางการเรียน 4 แบบ ประกอบด้วย ด้านกรอบแนวคิด ด้านแนวคิด ด้านกลยุทธ์ และด้านกระบวนการ โดยทุกด้านแทนด้วยภาพการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ สำหรับรูปแบบการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้ปัญหาเป็นหลักผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการเรียนผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญและผู้เรียน ผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในเกณฑ์ระดับเหมาะสมมาก และความพึงพอใจของผู้เรียนอยู่ระดับพึงพอใจมาก

ดวงกมล สวนทอง พรธณี บุญประกอบ วิลาสลักษณ์ ชวัลลี และนำชัย ศุภฤกษ์ชัยสกุล (2556) ศึกษาการใช้รูปแบบการสอนแบบสแกฟโฟลด์ที่ส่งเสริมจิตลักษณะ ฉันทะ และความสามารถในการเขียนบทความเชิงวิชาการของนักศึกษา หลังจากสิ้นสุดการสอนแบบสแกฟโฟลด์แล้ว นักศึกษากลุ่มทดลองครึ่งหนึ่งซึ่งเป็นสมาชิกชมรมพลศึกษาทำสื่อสารได้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการเขียนอย่างต่อเนื่อง อีกครึ่งหนึ่งเป็นสมาชิกชมรมอื่น ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ใช้รูปแบบการสอนแบบสแกฟโฟลด์ มีค่าเฉลี่ยจิตลักษณะ ฉันทะ และความสามารถในการเขียนบทความเชิงวิชาการสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกตัวแปรหลังการทดลอง และตลอดเวลา 3 เดือน ในระยะติดตามผลนั้น ปรากฏว่า นักศึกษาชมรมพลศึกษาทำสื่อสารมีค่าเฉลี่ยเจตคติที่ดีต่อการเขียนเชิงวิชาการสูงขึ้น และมีความคงทนของความสามารถในการเขียนบทความเชิงวิชาการกับฉันทะในการเขียน ส่วนผลการศึกษาคงทนของความสามารถในการเขียนบทความเชิงวิชาการด้วยการวิเคราะห์แบบจำลองตัวแปรแฝงโค้งพัฒนาการ แสดงให้เห็นว่านักศึกษาที่ได้รับการสอนแบบสแกฟโฟลด์ มีความสามารถในการเขียนบทความเชิงวิชาการเพิ่มขึ้นในระยะทดลอง แต่อัตราพัฒนาการลดลงในระยะติดตามผล สำหรับผลการวิเคราะห์แบบจำลองโค้งพัฒนาการของกลุ่มชมรม พบว่า นักศึกษาที่เข้าร่วมชมรมพลศึกษาทำสื่อสาร มีอัตราการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการเขียนบทความเชิงวิชาการทางบวกในระยะติดตามผลสูงกว่านักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรมชมรมอื่น

Pedersen (2000) ศึกษาผลของเครื่องมือช่วยให้คำแนะนำ (Hypermedia Tool) ในการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก พบว่า เครื่องมือช่วยให้คำแนะนำโดยตัวแบบทางพุทธิปัญญา (Cognitive modeling condition) มีประสิทธิภาพกว่าแบบอื่นๆ และยังพบว่าการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนแก่นักเรียนมากกว่าการเรียนแบบปกติ

Li (2001) ได้ศึกษาผลของการช่วยเสริมศักยภาพในการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ที่ต่างกัน 3 รูปแบบคือ 1) ควบคุมโดยระบบ (System-Controlled) 2) ควบคุมโดยผู้เรียน (Learner-Controlled) 3) แบบผสม คือ ระบบเสนอแนะ ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุม (Hybrid Condition) ผลปรากฏว่า การใช้การช่วยเสริมศักยภาพทั้ง 3 รูปแบบทำให้ผู้เรียนมีผลการเรียนและเจตคติที่ดีกว่าผู้เรียนในกลุ่มควบคุม โดยที่ผู้เรียนที่เรียนโดยผู้เรียนควบคุมเองมีผลการเรียนดีที่สุด ส่วนการเรียนแบบผสมมีผลการเรียนต่ำที่สุด

Cho and Jonassen (2002) ได้ศึกษาผลการช่วยเสริมศักยภาพในการให้เหตุผล ในรูปแบบอักษรและกราฟิกในการให้เหตุผลและการแก้ปัญหาในลักษณะปัญหาต่างกันสองรูปแบบในบริบทของกลุ่มร่วมมือแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า การช่วยเสริมศักยภาพแบบกราฟิกช่วยสนับสนุนการให้เหตุผลระหว่างกรอภิปรายกลุ่มทั้งองค์ประกอบด้านการอ้างอิงและหลักฐาน รวมถึงคุณภาพของการให้เหตุผลในการแก้ปัญหารายบุคคล ผู้เรียนที่ได้รับการช่วยเสริมศักยภาพการให้เหตุผลแบบอักษรและกราฟิกสามารถสร้างองค์ประกอบในกระบวนการแก้ปัญหาระหว่างการอภิปรายกลุ่มได้มากกว่าผู้เรียนที่ได้รับการช่วยเสริมศักยภาพแบบอักษร

Schwarz (2003) ศึกษาเกี่ยวกับผลของการช่วยเสริมศักยภาพ 2 รูปแบบคือ การให้คำแนะนำแบบเลือกได้ (Optional Coaching) และข้อมูลพิเศษที่กำหนดมาให้ (Mandatory Extra Material) ในการฝึกหัดเทคนิคการปฏิบัติการวิจัยบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์และศึกษาการใช้วิธีและวิธีการ Cognitive Apprenticeship ซึ่งได้แก่ การเป็นตัวแบบ การสอนแนะ การลดการช่วยเหลือ การนำเสนอ การสะท้อน และการสำรวจ ในการเรียนการสอนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการช่วยเสริมศักยภาพในกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่มมีผลการสอบหลังเรียนต่างกันอย่างไรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าปัจจัยหลักคือความรู้เดิมเกี่ยวกับเทคนิคการวิจัยมีอิทธิพลร่วมต่อผลการสอบหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Simons and Klien (2007) ได้ศึกษาผลการให้การช่วยเหลือ Scaffolding ในการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก ผลที่ได้คือนักเรียนที่ได้รับ Scaffolding มีผลการเรียนและการแก้ปัญหาดีกว่าอีก 2 กลุ่มที่ไม่มีและให้เลือกรับความช่วยเหลือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับ Scaffolding มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมากกว่ากลุ่มที่ไม่มีและให้เลือกรับ Scaffolding นอกจากนี้ ได้ศึกษาผลของการเสริมศักยภาพและระดับสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของนักเรียนในการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน พบว่า วิธีการเสริมศักยภาพและระดับของผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนที่มีอิทธิพลต่อการสืบค้นและประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์ การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน และ

ผู้เรียนกลุ่มที่ได้รับการเสริมศักยภาพทั้งแบบให้เลือกเองและแบบบังคับมีนัยสำคัญที่ดีกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการเสริมศักยภาพ ดังนั้นการเสริมศักยภาพจึงมีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการสืบค้นและประสิทธิภาพของการเรียน โดยเฉพาะเมื่อต้องการใช้หรือสามารถเข้าถึงการเสริมศักยภาพเหล่านั้นได้

ในการช่วยเสริมศักยภาพ พบว่ามีการช่วยเสริมศักยภาพ 2 แบบคือแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ ซึ่งช่วยให้การเรียนเป็นไปได้ง่าย สามารถคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาในการทำงานได้ง่ายขึ้นจากการเรียนรู้ออนไลน์และการชมวิดีโอ

การใช้การเสริมศักยภาพการเรียนรู้ให้ได้ผลดีผู้เรียนต้องมีการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาในระหว่างการทำงาน ดังนั้นจึงมีการนำโครงการมาสนับสนุนในการเสริมสร้างศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-based learning)

2.1 ความหมายโครงการ

สำนักนายกรัฐมนตรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2542) ได้ให้ความหมายไว้ว่า กิจกรรมโครงการเป็นการจัดกิจกรรมเพื่อจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เลือกและสร้างกระบวนการเรียนรู้ในเรื่องที่ผู้เรียนสนใจ สงสัย ต้องการหาคำตอบอย่างลุ่มลึกด้วยตนเอง โดยใช้ความสามารถหลายๆด้าน วิธีการและแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย มีการสรุป นำเสนอข้อค้นพบและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

จิราภรณ์ ศิริทวี (2542) กล่าวว่าโครงการเป็นการสอนให้นักเรียนรู้จักทำโครงการวิจัยเล็กๆ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อพัฒนาความรู้ ทักษะและสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพ ระเบียบวิธีดำเนินการเป็นระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์

อุดมศักดิ์ ธารรุ่งเรืองกิจ และคณะ (2543) กล่าวว่า โครงการ คือ กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัดและความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการอื่นใดไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบในเรื่องนั้นๆ โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้นแนะนำ และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษาค้นคว้า ดำเนินการวางแผน กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานและการนำเสนอผลงาน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548) ให้ความหมายว่า เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเป็นผู้ริเริ่มและเลือกเรื่องที่จะศึกษา นักเรียนเป็นผู้วางแผนในการศึกษาค้นคว้าเก็บข้อมูลด้วยตนเองตามความสนใจและระดับความรู้ความสามารถ รวบรวมข้อมูล ดำเนินการปฏิบัติทดลองหรือประดิษฐ์คิดค้น รวมทั้งการแปลผลสรุปผลและเสนอผลการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ในการตอบปัญหาที่สงสัยโดยมีอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ให้คำปรึกษา

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และราชน มีศรี (2553) กล่าวว่า การทำโครงการ หมายถึง การศึกษาเพื่อค้นพบความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่และวิธีการใหม่ ด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีครูอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คำปรึกษา ความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่และวิธีการใหม่นั้นทั้งนักเรียนและครูไม่เคยรู้หรือมีประสบการณ์มาก่อน (Unknown by all)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเรียนการสอนกิจกรรมโครงการเป็นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้เลือกและสร้างกระบวนการเรียนรู้ในเรื่องที่ผู้เรียนสนใจ สงสัย ต้องการหาคำตอบอย่างลุ่มลึกด้วยตนเอง โดยใช้ความสามารถหลายๆด้าน วิธีการและแหล่งข้อมูลที่หลากหลายลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยมีความสามารถหลายๆด้าน วิธีการและแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย สรุป นำเสนอผลงาน และนำผลที่ได้ไปใช้ในชีวิตรประจำวัน โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และมีอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ให้คำปรึกษา ซึ่งความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่และวิธีการใหม่นั้นทั้งนักเรียนและครูไม่เคยรู้หรือมีประสบการณ์มาก่อน (Unknown by all)

2.2 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงการ

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นขั้นตอนในการทำโครงการเพื่อหาคำตอบของปัญหา ประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

1. ขั้นระบุปัญหา
2. ขั้นออกแบบการรวบรวมข้อมูล
3. ขั้นปฏิบัติการรวบรวมข้อมูล
4. ขั้นวิเคราะห์ผลและสื่อความหมายข้อมูล
5. ขั้นสรุปผล

ในแต่ละขั้นตอนของการทำโครงการ ประกอบด้วยทักษะต่างๆ ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา : สังเกต สรุปอ้างอิง แยกแยะ เปรียบเทียบ วิเคราะห์ สื่อสาร และกำหนดปัญหาเพื่อหาคำตอบ
2. ขั้นออกแบบการรวบรวมข้อมูล : ตั้งสมมุติฐาน คิดเชิงเหตุผล การพิสูจน์สมมุติฐาน การระบุตัวแปร การนิยามเชิงปฏิบัติการ การวางแผนวิธีเก็บข้อมูล การสร้างเครื่องมือ และวางแผนวิเคราะห์ข้อมูล
3. ขั้นปฏิบัติการรวบรวมข้อมูล : การสังเกต การสัมภาษณ์ การสอบถาม การวัด การใช้ อุปกรณ์และเครื่องมือ การใช้ตัวเลข การบันทึกผล
4. ขั้นวิเคราะห์ผลและสื่อความหมายข้อมูล : การสังเกต การแยกแยะ การจัดกลุ่ม การจำแนกประเภท การเรียงลำดับ การจัดระบบ การใช้ตัวเลข รวมทั้งการสื่อความหมายข้อมูลแบบต่างๆ เช่น ตาราง กราฟ ภาพ เป็นต้น
5. ขั้นสรุปผล : การแปลผลข้อมูล การอุปนัย การนิรนัย การสรุปผลจากข้อมูล

2.3 ประเภทของโครงการงาน

ชรินทร์ มั่นคง (2551) ได้แบ่งโครงการงานออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1. โครงการงานสำรวจ

โครงการงานสำรวจเป็นการสำรวจความรู้ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติหรือสภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน (What it is) โครงการงานประเภทนี้เป็นโครงการงานที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนั้นมาจำแนกเป็นหมวดหมู่ และนำเสนอแบบต่างๆ อย่างมีแบบแผน เพื่อให้เห็นถึงลักษณะหรือความสัมพันธ์ของเรื่องดังกล่าวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การปฏิบัติตามโครงการงานนี้นักเรียนจะต้องไปศึกษา รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่างๆ เช่น สอบถาม สัมภาษณ์ สํารวจโดยใช้เครื่องมือ เช่น แบบสังเกต แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบบันทึก ฯลฯ ในการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการศึกษา

2. โครงการงานทดลอง

โครงการงานประเภทนี้เป็นโครงการงานที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งว่าจะเกิดอะไรหรือมีอะไรเกิดขึ้น (What it will be) เมื่อมีการทดลองสิ่งที่จะจัดกระทำขึ้นคือ ตัวแปรต้น เพื่อศึกษาว่าจะมีผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาคือตัวแปรตามอย่างไร ด้วยมีการควบคุมตัวแปรอื่นๆ คือ ตัวแปรควบคุมที่อาจมีผลต่อตัวแปรตาม

3. โครงการงานประดิษฐ์

โครงการงานประเภทนี้เป็นโครงการงานที่มีวัตถุประสงค์คือ การนำความรู้ทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดมาประยุกต์ใช้ โดยการประดิษฐ์เป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการเรียนการทำงาน หรือการใช้สอยอื่น ๆ การประดิษฐ์คิดค้นตามโครงการงานนี้อาจเป็นการประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่ โดยที่ยังไม่มีใครทำ หรืออาจเป็นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และดัดแปลงของเดิมที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ รวมทั้งการสร้างแบบจำลองต่างๆ โครงการงานประเภทนี้มีการทดลองเพื่อปรับปรุงแก้ไขเป็นระยะจึงเรียกว่า โครงการงานทดลองเชิงพัฒนา

โครงการงานทั้ง 3 ประเภท มีความเหมือนและความแตกต่างกันดังนี้ (ชรินทร์ มั่นคง, 2551)

ตารางที่ 1 ความเหมือนและความแตกต่างของโครงการงาน 3 ประเภท

ความเหมือน	ความแตกต่าง		
	โครงการงานสำรวจ	โครงการงานทดลอง	โครงการงานประดิษฐ์
1. ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนทำเอง	1. หาคำตอบที่มีอยู่แล้ว (What it is)	1. ยังไม่มีคำตอบที่ชัดเจน/ ถูกต้อง (What it will be)	1. สร้าง/ประดิษฐ์/พัฒนา ชิ้นงานใหม่พร้อมด้วยวิธีการใหม่ สูตรใหม่
2. ต้องมีความรู้ใหม่/ชิ้นงานใหม่	2. ใช้วิธีการหาข้อมูล หลากหลาย เช่น - สังเกต - สอบถาม - สัมภาษณ์ - สืบค้นเอกสาร เป็นต้น	2. ต้องมีการตรวจสอบคำตอบ โดยมีตัวแปรต้น/ตัวแปรตาม	2. ต้องมีการทดลองเชิงพัฒนา เป็นระยะๆ และต้องบันทึก ข้อมูลเป็นระยะๆ ด้วย
3. ปัญหาเริ่มจากการคิด/สังเคราะห์ การริเริ่ม	3. ต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูล และอาจใช้ตัวเลขประกอบการวิเคราะห์	3. เก็บข้อมูลด้วยการทดลอง และวิธีการรวบรวมข้อมูล ประกอบการทดลอง	3. เก็บข้อมูลด้วยการสำรวจ และทดลองเป็นระยะๆ จนกว่าจะได้สิ่งประดิษฐ์ใหม่ เป็นการทดลองเชิงพัฒนา

2.4 ขั้นตอนในการทำโครงการงาน

สำนักนายกรัฐมนตรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2542) ได้แบ่งการทำโครงการงานเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะเริ่มต้นโครงการงาน ระยะการทำโครงการงาน ระยะการเสนอผลการศึกษา และระยะการพัฒนาโครงการงาน

1. ระยะเริ่มต้นโครงการงาน

การเลือกเรื่องหรือปัญหาที่จะทำโครงการงาน

การเลือกเรื่องในการทำโครงการงาน ควรเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจจากตัวนักเรียนเองหรือ เรื่องที่นักเรียนสนใจศึกษาเพื่อแก้ปัญหาที่ประสบในชีวิตประจำวัน หรือเรื่องที่นักเรียนสนใจจากเหตุการณ์ปัจจุบัน/ชุมชน/บทเรียน หรือเรื่องที่นักเรียนสนใจจากการกระตุ้นของครู

การเรียนรู้ด้วยโครงการงานเริ่มจากนักเรียนมีความสนใจอยากศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างลึกซึ้ง โดยเรื่องที่ศึกษาอาจเป็นประเด็นทั่วไป หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงซึ่งตรงกับสาขาวิชาใดก็ได้ สิ่งสำคัญ คือเรื่องหรือปัญหาที่ได้มาต้องมาจากนักเรียนเกิดความสงสัยหรือต้องการหาคำตอบหรือต้องการปฏิบัติงานนั้นด้วยตนเอง ไม่ใช่ครูเป็นผู้กำหนด ทั้งนี้โครงการงานที่นักเรียนจะศึกษานั้น นักเรียนต้องมีความรู้พื้นฐานมาแล้วเพราะโครงการงานเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ เว้นแต่ในกรณีเด็กเล็กที่สนใจอยากศึกษา ครูก็สามารถจัดกิจกรรมโครงการงานให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้ เชื่อมต่อประสบการณ์ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีนิสัยใฝ่รู้และมีทักษะพื้นฐานในการเรียน

2. ระยะการทำโครงการงาน

2.1 การกำหนดวัตถุประสงค์

การกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนจะช่วยให้การเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงการงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการตอบคำถามที่ว่าทำไม ทำเพื่ออะไร ซึ่งจะทำให้นักเรียนกำหนดแนวทางในการดำเนินงานได้ง่ายไม่สับสน

2.2 การระบุประโยชน์

การระบุประโยชน์เป็นการคาดหวังในเบื้องต้นว่าผลกระทบที่เกิดจากการเรียนรู้ด้วยโครงการงานจะมีคุณประโยชน์ในเรื่องใดบ้างจะทำให้นักเรียนตระหนักไว้เบื้องต้นว่าทำแล้วจะได้อะไร มีคุณประโยชน์อย่างไร

2.3 การหาแนวโน้มน้ำ/ การคาดเดาคำตอบเป็นการคาดหวัง (สมมุติฐาน)

การหาแนวโน้มน้ำ/การคาดเดาคำตอบเป็นการเข้าไปหาสภาพจริงที่เป็นอยู่โดยรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่ในปัจจุบันมาสัมพันธ์เชื่อมโยงหาแนวโน้มน้ำ ทำนายหรือคาดเดาผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เป็นการตอบสนองของความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน และเป็นพื้นฐานสำคัญของการทำงานเรื่องต่างๆ การทำโครงการงานในลักษณะของการแก้ปัญหาหรือเชิงทดลองนั้น การคาดเดาคำตอบมีความสำคัญมากเพราะเป็นเงื่อนไขที่จะกำหนดวิธีการศึกษาของนักเรียนและช่วยฝึกให้นักเรียนคิดอย่างมีเหตุผล แต่มีไว้ว่าทุกโครงการงานจะมีการคาดเดาคำตอบล่วงหน้าเสมอไป ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงการงานว่าเป็นโครงการงานลักษณะใด

2.4 การกำหนดวิธีการศึกษาที่หลากหลาย

นักเรียนสามารถกำหนดวิธีการศึกษาได้อย่างหลากหลาย เป็นการหาหนทางไปสู่คำตอบซึ่งจะเป็นชุดของวิธีการต่างๆ หลายอย่างผสมกันได้หลายชุด ได้แก่ การสังเกต การสัมภาษณ์

สอบถาม ฟังบรรยาย ศึกษา ค้นคว้าจากเอกสารตำรา ปฏิบัติการทดลอง ปฏิบัติงาน ไปทัศนศึกษา ดูของจริง ดูวีดิทัศน์ อินเทอร์เน็ต ฯลฯ ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ว่าการเรียนรู้สามารถเรียนรู้ได้หลากหลายวิธีการตามความถนัดและสภาพเอื้ออำนวยและสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลาตลอดจนเรียนรู้ว่าวิธีการให้ได้มาซึ่งคำตอบมิใช่มีวิธีเดียวเสมอไป

2.5 การเลือกวิธีที่จะศึกษา

ถึงแม้ว่านักเรียนจะกำหนดวิธีการศึกษาได้อย่างหลากหลายก็ตาม นักเรียนจำเป็นต้องรู้จักการเลือกวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้ภายใต้ข้อจำกัดที่เป็นอยู่ และวิธีที่ตนเองจะสามารถเรียนรู้ได้ บทบาทสำคัญของนักเรียนในขั้นตอนนี้คือ การคิดตัดสินใจที่จะเลือกวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับสภาพการณ์ที่เป็นอยู่และเหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคน สำหรับบทบาทสำคัญของครูคือการหาทางสนับสนุนช่วยเหลือนักเรียนได้เรียนรู้ตามวิธีการที่เขาเลือกให้ได้มากที่สุด และได้ใช้แหล่งการเรียนรู้ที่มีอยู่ใกล้ตัวให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งตัวบุคคล สถานที่ ภูมิปัญญาท้องถิ่น ฯลฯ

2.6 การลงมือศึกษา

ขั้นตอนนี้มีความสำคัญและมีความหมายอย่างยิ่งสำหรับนักเรียนเพราะเป็นขั้นตอนของการลงมือทำ ขั้นตอนต่างๆ ที่ผ่านมาเป็นเพียงขั้นตอนของการวางแผนการเรียนรู้เท่านั้น นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้จริงก็ต่อเมื่อได้ลงมือปฏิบัติ ศึกษา รวบรวมข้อมูล จัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ สังเคราะห์ หาแนวโน้ม เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสารสนเทศต่างๆ โดยปฏิบัติตามกิจกรรมตามแผนการเรียนรู้ที่กำหนดไว้รวมถึงการเปลี่ยนแปลงพลิกผันได้ตามความเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งครูต้องติดตามสนับสนุนช่วยเหลือให้การเรียนรู้ของนักเรียนดำเนินไปถึงจุดหมาย

3. ระยะเวลาเสนอผลการศึกษา

3.1 การสรุปผล

เพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนต้องมีโอกาสนำข้อมูลที่รวบรวมไว้มาทำความเข้าใจ วิเคราะห์ สังเคราะห์ สัมพันธ์เชื่อมโยงหาแนวโน้มและลงสรุปผลการดำเนินโครงการเป็นความรู้หรือข้อค้นพบที่ได้รับ ซึ่งรวมทั้งวิธีการได้มาและผลที่ได้ค้นพบ

3.2 การนำเสนอผลการศึกษา

เมื่อนักเรียนได้ข้อค้นพบจากการทำโครงการแล้วนักเรียนในฐานะผู้จัดทำ ควรมีโอกาสเสนอผลการดำเนินงานของเขา ทั้งในส่วนที่เป็นกระบวนการ และส่วนที่เป็นผลผลิต ครูควรใช้โอกาสนี้สร้างเวทีเพื่อฝึกทักษะการนำเสนอให้กับนักเรียนและจุดสำคัญของการนำเสนอผลงานก็คือในการนำเสนอต้องมีการสะท้อนความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ต่อการทำโครงการนั้นๆ เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสร้างเสริมต่อหรือจุดประกายความรู้ความคิดที่ได้จากการนำเสนอให้กับผู้นำเสนอและผู้รับฟังอื่นๆ สำหรับการนำเสนอผลงานสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การรายงานด้วยเอกสาร หนังสือเล่มเล็ก การเล่าสู่กันฟัง การประชุม การจัดนิทรรศการ การแสดงละคร ฯลฯ โดยนักเรียนร่วมกันเป็นผู้คิดค้นวิธีการและควรให้ผู้ปกครองหรือบุคคลในชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการนำเสนอทั้งในการร่วมรับฟังและร่วมสะท้อนความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ดังกล่าวข้างต้น การนำเสนอทำได้ทั้งในระดับชั้นเรียน โรงเรียน ชุมชน อำเภอ จังหวัด หรือระดับภูมิภาค และระดับชาติก็ได้ ขึ้นอยู่กับศักยภาพและความเหมาะสม

3.3 การเผยแพร่

นอกจากการนำเสนอผลงานดังกล่าวข้างต้นแล้ว ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดวิธีการเผยแพร่ ประชาสัมพันธ์ผลงานให้กว้างขวางยิ่งขึ้น โดยใช้วารสารวิชาการ องค์กร ชุมชน สื่อมวลชน ซึ่งนักเรียนจะได้มีโอกาสเขียนนำเสนอและแสดงความคิดเห็นผ่านสื่อต่างๆ ด้วยตัวของนักเรียนเอง

4. ระยะเวลาพัฒนาโครงการ

การเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงการคงไม่ยุติลงหลังจากการนำเสนอเท่านั้น หากแต่การเรียนรู้ อย่างมีความหมายนี้จะถูกเชื่อมต่อกับการสะท้อนความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ เป็นลูกโซ่ไปเกี่ยวข้องต่อ ความรู้ใหม่ เกิดข้อสงสัย ความต้องการศึกษาในเชิงลึก เป็นสิ่งท้าทายใหม่ๆ ที่ควรได้รับการสนับสนุน ให้ดำเนินการค้นหาความรู้ไปอย่างต่อเนื่องลึกซึ้ง โดยกำหนดเป็นเรื่องหรือปัญหาใหม่ทีอาจเป็นเรื่องที่ ต่อเนื่องจากเรื่องเดิม เพื่อการหาคำตอบที่ยังสงสัยอยู่ หรือเป็นเรื่องใหม่ที่มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน แต่เป็นอีกมิติหนึ่ง เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่กว้างขวางลุ่มลึกยิ่งขึ้น

2.5 การประเมินโครงการ

การประเมินโครงการ เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลการเรียนการสอน ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูล ป้อนกลับให้นักเรียนทราบว่าผลงานของตนมีคุณภาพเพียงใด มีข้อบกพร่องหรือข้อเด่นอะไรบ้าง ใน การประเมินผลการทำงานโครงการของนักเรียน มีแนวทางในการประเมินโครงการนักเรียนดังนี้ (ธีรชัย ปุณฺณโชติ, 2531)

1. การประเมินการวางแผนทำโครงการของนักเรียน หัวข้อที่ควรประเมินคือ
 - 1.1 ชื่อสัมพันธ์กับเนื้อหาหรือไม่
 - 1.2 คำถามเป็นคำถามเพื่อการค้นพบหรือไม่
 - 1.3 สมมุติฐานที่ตั้งแสดงพื้นความรู้เดิมของนักเรียนมากน้อยเพียงใด
 - 1.4 การกำหนดวิธีการศึกษา/ แหล่งข้อมูลมีความเหมาะสมหรือไม่
 - 1.5 วิธีเสนอผลการศึกษาเหมาะสมมากน้อยเพียงไร
2. การประเมินผลสำเร็จของโครงการ หัวข้อที่ควรประเมินคือ
 - 2.1 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
 - 2.2 ความถูกต้องและความเหมาะสมของวิธีการศึกษาค้นคว้า
 - 2.3 การเขียนรายงานของโครงการ และหรือการจัดแสดงโครงการ
 - 2.4 การนำเสนอโครงการด้วยวาจา

อุดมศักดิ์ ธนะรุ่งเรืองกิจ และคณะ (2543) ได้เสนอวิธีการประเมินโครงการนักเรียนไว้ดังนี้

1. การสังเกต เป็นวิธีประเมินพฤติกรรมที่สามารถทำได้ทุกเวลาและสถานการณ์ ทั้งแบบมี และไม่มีเครื่องมือในการสังเกต
2. การสัมภาษณ์ การสอบถาม อาจมีลักษณะเป็นทางการหรือสัมภาษณ์ สอบถาม ขณะ ปฏิบัติโครงการได้

3. วัดความรู้ ความสามารถ (Authentic Test) ควรเป็นแบบสอบถามปลายเปิด เพื่อความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ ความเข้าใจเดิม กับสิ่งที่ได้เพิ่มเติมจากประสบการณ์ในการปฏิบัติโครงการงาน

4. การรายงาน จะเป็นการเขียนรายงาน หรือเล่าขั้นตอนหรือประสบการณ์ในการทำโครงการก็ได้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองจากการที่ได้พูด หรือเขียนบรรยายสะท้อนความรู้ ความเข้าใจ ความรู้สึกนึกคิดตามแนวทางการเรียนรู้ที่ผ่านประสบการณ์ขณะปฏิบัติกิจกรรมตามโครงการงาน

5. แฟ้มผลงาน เป็นการเก็บรวบรวมผลงานที่มีความโดดเด่นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ที่เลือกรวบรวมไว้อย่างเป็นระบบเพื่อแสดงถึงความเข้าใจ ความสนใจ ความถนัด ทักษะ ความสามารถ ที่แสดงออกถึงพัฒนาการความก้าวหน้า ความสำเร็จในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือหลายๆเรื่อง หรือจะเป็นการเก็บผลการประเมินการปฏิบัติโครงการงานในวิธีที่ 1-4 ด้วยก็ได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการติดตามพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่อง

2.6 การประเมินผลการทำงาน

ในการตัดสินคุณค่าเรื่องหนึ่งเรื่องใดนั้น การวัดหรือประเมินสิ่งนั้นอย่างรอบคอบ เป็นสิ่งจำเป็น การประเมินผลเป็นบทบาทสำคัญของครู ครูควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ (Learning) การเรียนการสอน (Instruction) การประเมินการเรียนรู้ (Assessment) และการประเมินผล (Evaluation) อย่างชัดเจน ซึ่งคำดังกล่าวข้างต้น มีความสัมพันธ์กัน ครูมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ในขณะที่เดียวกันการประเมินผลก็ใช้เป็นการตัดสินใจการเรียนรู้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เพื่อเป็นการตัดสินให้ระดับคะแนน ดังนั้นคำสำคัญต่อไปนี้เป็น การเรียนการสอน การเรียนรู้ การประเมินการเรียนรู้และการประเมินผล จึงมีความสัมพันธ์กันที่แยกจากการแยกจากกันอย่างเด็ดขาด คำสำคัญทั้ง 4 ประการรายละเอียดดังนี้

1. การเรียนการสอน (Instruction) หมายถึง การเกิดการเรียนรู้ด้วยทั้งกระบวนการเรียนของนักเรียนและกระบวนการสอนของครูร่วมกัน

2. การเรียนรู้ (Learning) หมายถึง การมีความรู้ ความสามารถ ทักษะและความประพฤติชอบของนักเรียน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนพฤติกรรมนักเรียนโดยใช้กระบวนการเรียนรู้ที่มีครูเป็นผู้จัดประสบการณ์เรียนรู้ให้

3. การประเมินการเรียนรู้ (Assessment) หมายถึง การรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ จากกระบวนการทำงาน การปฏิบัติงาน และผลผลิตที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้เพื่อการศึกษา

4. การประเมินผล (Evaluation) หมายถึง การตัดสินใจคุณค่าสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้จากการวัดสิ่งที่ต้องการประเมิน

การประเมินการเรียนรู้ (Assessment) สิ่งใดสิ่งหนึ่งอาจไม่จำเป็นต้องตัดสินคุณค่า หรือประเมินผล (evaluation) แต่การประเมินผลหรือตัดสินคุณค่าสิ่งใดสิ่งหนึ่งจำเป็นต้องมีการประเมินการเรียนรู้ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการประเมินการเรียนรู้จึงมีความสำคัญ ถ้าการประเมินการเรียนรู้มีคุณภาพก็ทำให้การประเมินผลมีคุณภาพ ถ้าการประเมินการเรียนรู้ผิดพลาด การตัดสินผลก็ผิดพลาด หรืออาจกล่าวได้ว่า การตัดสินใจผลที่มีความเที่ยงตรงนั้นได้มาจากการประเมินการเรียนรู้ที่มีความถูกต้องและสมบูรณ์

ในการวางแผนดำเนินการ และจัดการการประเมินการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ผู้ประเมิน ต้องมีความรู้และความเข้าใจในประเด็นต่อไปนี้

1. พฤติกรรมหรือการปฏิบัติการของนักเรียนที่ต้องประเมินมีอะไรบ้าง
2. กระบวนการหรือวิธีการประเมินมีอะไรบ้าง
3. เป้าหมายของการประเมินการเรียนรู้คืออะไร
4. จุดเน้นที่ต้องประเมินการเรียนรู้คืออะไร
5. ผู้มีหน้าที่ประเมินการเรียนรู้มีใครบ้าง

ในการประเมินการเรียนรู้ เป็นการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic assessment) มีการประเมินอะไรบ้าง การประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงนั้นเป็นการประเมินในเรื่องต่อไปนี้

1. ผลการเรียนรู้ด้านวิชาการ คือ ความรู้ ความเข้าใจในสาระ
2. การใช้เหตุผล คือ การใช้กระบวนการแก้ปัญหา การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การใช้กระบวนการสร้างความรู้
3. ทักษะและสมรรถนะ เช่น ทักษะการนำเสนอ ทักษะการเขียน ทักษะการทำงานเป็นทีม ทักษะการวิจัย ทักษะการจัดระบบ และวิเคราะห์ข้อมูล ทักษะการใช้เทคโนโลยี ทักษะการทำงาน ด้วยความอดทนและฝ่าฟันอุปสรรค ทักษะการแก้ปัญหาความขัดแย้ง เป็นต้น
4. เจตคติ เช่น การพัฒนาเจตคติต่อการเรียน การรักเรียนความเป็นพลเมืองดี ใฝ่รู้ใฝ่เรียน เป็นนักร้อง อุตสาหะ ความรักธรรมชาติ
5. นิสัยการทำงาน เช่น การทำงานได้สำเร็จตรงเวลาใช้เวลาอย่างมีคุณค่า ความรับผิดชอบ ความอดทนเพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพการทำงานอย่างต่อเนื่อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยประเมินโครงการเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้จากการทำโครงการ

2.7 การประเมินผลกระบวนการผลิต

การประเมินกระบวนการ เป็นการประเมินกระบวนการเรียนรู้ กระบวนการสอน การปฏิบัติ หรือการทำงาน รวมทั้งประเมินผลผลิต มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การประเมินกระบวนการเรียนรู้ (processs of learning)

การประเมินกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนใช้ เป็นวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยการใช้ กระบวนการกลุ่ม ดังนั้นครูจึงต้องดูการพัฒนาของการใช้กระบวนการเรียนรู้เป็นระยะๆ จึงต้องมีการ ประมวลข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของนักเรียนในการใช้การประเมินกระบวนการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น ต้องการการประเมินกระบวนการทำงานกลุ่มของนักเรียน เป็นต้น ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่ม ต้องสามารถทำงานกลุ่มได้อย่างมีคุณภาพ จึงต้องประเมิน 1) บทบาทของหัวหน้ากลุ่ม 2) บทบาท ของสมาชิกกลุ่มในการทำงานเป็นทีม 3) ประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม คือ การวางแผนและการ ปฏิบัติตามแผน ประเมินผลเป็นระยะๆ การวิเคราะห์ รวมทั้งการสรุปผลงาน จากนั้นจึงนำผลการ ประเมินไปใช้เป็นแนวทางปรับปรุงแก้ไขต่อไป

2. การประเมินกระบวนการเรียนการสอน (process of instruction) เป็นกระบวนการประเมินการจัดการเรียนการสอนครู โดยต้องดำเนินกิจกรรมต่อไปนี้

- 2.1 ให้คำนิยามของกระบวนการจัดการเรียนการสอน
- 2.2 ประมวลผลจากครูที่เกี่ยวข้อง
- 2.3 สรุปผล
- 2.4 วางแผนเพื่อปรับปรุง

3. การประเมินการปฏิบัติ/การทำงาน (performance)

การประเมินพฤติกรรมการปฏิบัติงานของนักเรียน ครูสามารถประเมินในประเด็นต่อไปนี้

3.1 การใช้เหตุผล เช่น กระบวนการแก้ปัญหา การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหา หรือทดลองเพื่อหาคำตอบ

3.2 ทักษะ เช่น ทักษะการทำงานเป็นทีม ทักษะการเขียน ทักษะการทดลอง ทักษะการทำโครงการ

3.3 เจตคติของนักเรียน ความพอใจ ความสนใจ

3.4 นิสัยการทำงาน

3.5 ความใฝ่รู้ใฝ่เรียน

4. การประเมินผลผลิต (product) สามารถประเมินในสิ่งต่อไปนี้

4.1 ผลการเรียนรู้ คือ ความรู้เชิงวิชาการ

4.2 ผลผลิต คือ ผลงานต่างๆที่สามารถนับเป็นขั้นได้ เช่น รายงาน สิ่งประดิษฐ์ และชิ้นงานลักษณะต่างๆ

สรุปได้ว่า ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการประเมินกระบวนการเรียนการสอน การประเมินการปฏิบัติ/การทำงาน และการประเมินผลผลิตมาใช้ในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน

2.8 การพัฒนาตัวบ่งชี้และเกณฑ์การประเมินการเรียนรู้

2.8.1 ลักษณะตัวบ่งชี้แบ่งเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1. ตัวบ่งชี้ที่มีขอบเขตชัดเจนสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ง่าย เช่น ตัวบ่งชี้ด้านผลผลิตของนักเรียน เช่น ระบุว่า

- 1.1 มีรายงานโครงการ รายงานวิชาการ
- 1.2 มีสิ่งประดิษฐ์วิทยาศาสตร์ สิ่งประดิษฐ์งานช่าง
- 1.3 มีชิ้นงาน เช่น ภาพโปสเตอร์ ผังมโนทัศน์
- 1.4 มีเรียงความ ความเรียง และมีบทความย่อ ฯลฯ

การเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งบ่งชี้ ใช้การนับจำนวนรายงานชิ้นงาน งานสิ่งประดิษฐ์ได้โดยตรง

2. ตัวบ่งชี้ที่มีขอบเขตกว้างขวางและเป็นคุณลักษณะแฝงที่ไม่อาจเก็บข้อมูลโดยตรง ต้องสร้างเครื่องมือวัดตัวบ่งชี้ขึ้นโดยเฉพาะ เช่น ตัวบ่งชี้ระบุกระบวนการปฏิบัติงานของนักเรียน เช่น ระบุว่า

- 2.1 นักเรียนมีกระบวนการวางแผนเพื่อปฏิบัติ/ เพื่อทดลอง
- 2.2 นักเรียนปฏิบัติตามกิจกรรมที่กำหนดให้

- 2.3 นักเรียนปฏิบัติทดลองตามแผนที่กำหนดให้โดยครู
- 2.4 นักเรียนปฏิบัติทดลองตามแผนที่กำหนดโดยนักเรียนเอง
- 2.5 นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มหรือเป็นทีม
- 2.6 นักเรียนปฏิบัติแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามตัวบ่งชี้ดังกล่าวอาจใช้เครื่องมือประเภทแบบสอบถามแบบมาตรประมาณค่า 4 ระดับ ประกอบด้วย ข้อความ (item) ที่แสดงถึงพฤติกรรมหรือการกระทำของนักเรียนในการใช้กระบวนการการเรียนรู้และดำเนินปฏิบัติการเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งชิ้นงานใหม่

2.8.2 การพัฒนาเกณฑ์การประเมินการเรียนรู้

การสร้างเกณฑ์การประเมินที่นิยมใช้มากมี 2 วิธี

1. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ (rubrics scoring) เป็นเกณฑ์ที่ต้องกำหนดรายละเอียดให้คะแนนอย่างชัดเจนสำหรับทุกตัวบ่งชี้ ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลมีความเป็นปรนัยสูง และมีความตรงสูง

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรประมาณค่า (rating scale) เป็นเกณฑ์ที่กำหนดเป็นกลางไม่มีรายละเอียดให้คะแนนอย่างชัดเจนในแต่ละข้อมูล (item) สะดวกต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยข้อมูลที่ได้มีความเป็นปรนัยสูงน้อยกว่าวิธีให้คะแนนแบบรูบริกส์ เช่น กำหนดเกณฑ์ 5 ระดับ 5-4-3-2-1 กำหนดเกณฑ์ 4 ระดับ 4-3-2-1 เป็นต้น

2.8.3 การประเมินโดยใช้เกณฑ์รูบริกส์

การให้ค่าคะแนนของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์รูบริกส์ นี้ คำว่า รูบริกส์ (Rubrics) เป็นมาตรฐานในการกำหนดค่าคะแนนของนักเรียนซึ่งเป็นมาตรฐานที่ชัดเจน ประกอบไปด้วยเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพของชิ้นงานแต่ละชิ้น ซึ่งผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดขึ้น โดยต้องระบุหลักเกณฑ์ในการปฏิบัติงานของนักเรียน และกำหนดเกณฑ์คุณภาพของงานอย่างชัดเจน ทำให้ผู้เรียนทราบว่า ควรปฏิบัติอย่างไรจึงจะเป็นไปตามที่คาดหวัง โดยทุกๆ ไปมีอยู่ 2 แนวทางในการให้คะแนนคือ

1. การให้คะแนนภาพรวม (Holistic scoring) เป็นการให้คะแนนโดยดูจากสิ่งที่แสดงออกมาในภาพรวมทั้งหมดของงานชิ้นนั้น

2. การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic scoring) เป็นการให้คะแนนกับรายละเอียด หรือองค์ประกอบที่แตกต่างกันของงาน เมื่อต้องการเน้นรายละเอียดหรือองค์ประกอบอื่นๆ หรือต้องการประเมินผลสิ่งที่เป็นส่วนสำคัญ มักจะใช้เมื่อต้องการประเมินเป้าหมายเฉพาะ หรือเมื่อผู้เรียนต้องการข้อมูลย้อนกลับในเรื่องจุดแข็ง จุดอ่อนของตนเอง

2.8.4 ขั้นตอนในการสร้างเกณฑ์รูบริกส์

1. ศึกษาลักษณะของชิ้นงาน ได้แก่ การพิจารณาชิ้นงานที่ดี ไม่ดีระบุลักษณะที่ทำให้ชิ้นงานดี หรือไม่ดี

2. ระบุเกณฑ์พิจารณาชิ้นงาน คือ การนำองค์ประกอบที่สำคัญที่บ่งบอกถึงความเป็นชิ้นงานที่ดี มาจัดทำเป็นรายการ เช่น ประเมินเรื่องการใช้ภาษา ควรพิจารณาทั้งด้านการใช้ภาษาเขียน ภาษาพูด เป็นต้น

3. ระบุระดับคุณภาพ ได้แก่ การกำหนดระดับคุณภาพ และการให้ความหมายของแต่ละระดับให้เห็นเป็นรูปธรรมชัดเจน มักจะใช้การบรรยายลักษณะของชิ้นงานที่ถือว่ามีคุณภาพมากที่สุด และน้อยที่สุดก่อน

4. ทดลองใช้เกณฑ์ เมื่อสร้างรูบรีคส์ขึ้นได้แล้ว ควรมีการฝึกใช้เครื่องมือชิ้นนี้ในการประเมินเพื่อดูว่าสามารถใช้ได้จริง ซึ่งการทดลองนี้จะช่วยให้ได้ข้อมูลในการปรับปรุงเกณฑ์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

5. การนำเกณฑ์รูบรีคส์ไปประเมินผลจริง

ในการศึกษาครั้งนี้ นักเรียนได้ทำโครงการหุ่นยนต์ตอนท้าย ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในขั้นตอนการทำโครงการ ในขั้นประเมินผลการทำโครงการ ผู้วิจัยได้พัฒนาเกณฑ์รูบรีคส์สำหรับประเมินการทำโครงการของนักเรียน ถือได้ว่าการทำโครงการของนักเรียนเป็นการประมวลความรู้เชิงทฤษฎีและทักษะปฏิบัติมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา

29 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน

วรารณ ตระกูลสถิตย์ (2545) ได้นำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บด้วยการเรียนรู้แบบโครงการเพื่อการเรียนรู้เป็นทีมของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนการเรียนรู้เป็นทีม ประสิทธิภาพในการทำงานเป็นทีมและความร่วมมือในการทำงานเป็นทีม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กิจกรรมโครงการบนเว็บที่นักศึกษาใช้มากที่สุดในทุกองค์ประกอบคือ การสนทนา รองลงมาคือ การใช้กระดานข่าว และ กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นในระดับมาก

ณัฐพร เลิศพิทยภูมิ (2549) ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการในกลุ่มสาระสังคมศึกษาและวัฒนธรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและพฤติกรรมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตในกรุงเทพมหานคร พบว่านักเรียนที่เรียนวิชาสังคมศึกษาโดยผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นหลังจากการทดลอง และมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปกติ รวมทั้งมีระดับการเกิดพฤติกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสูงขึ้นหลังจากการทดลอง และมีระดับการเกิดพฤติกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปกติ

กันยารัตน์ ดัดพันธ์ (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบสภาพแวดล้อมในห้องเรียนเสมือนสำหรับการเรียนแบบโครงการในระดับอุดมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมสำหรับการเรียนแบบโครงการในระดับอุดมศึกษา แบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) ปัจจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนและการออกแบบ 2) ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและชุมชนของผู้เรียน 3) ปัจจัยเกี่ยวกับพลวัตของกลุ่มและปฏิสัมพันธ์ของเพื่อน 4) ปัจจัยเกี่ยวกับขนาดของกลุ่มและจำนวนสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งปัจจัยด้านพลวัตของกลุ่มและมีปฏิสัมพันธ์ของเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม เป็นปัจจัยที่มี

ความสัมพันธ์ทางบวกที่ส่งผลต่อสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนและทักษะการเรียนรู้เป็นทีม จากผลการพัฒนานี้พบว่า จำนวนสมาชิกกลุ่มขนาดกลางมีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มขนาดใหญ่และขนาดเล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจำนวนสมาชิกที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 6-8 คน และมีขนาดเท่ากันทุกกลุ่ม

ขจรศักดิ์ สงวนสัตย์ (2554) ศึกษากระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในการทำโครงการตามทฤษฎีกิจกรรมที่ใช้แบบการแสดงตัวตนในบล็อกและการประเมินโดยเพื่อนที่แตกต่างกันของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่า 1. นักเรียนมีพฤติกรรมการทำงานในกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้คือ 1.1) การวางแผน 1.2) การแบ่งหน้าที่การทำงาน 1.3) การแนะนำแหล่งข้อมูลใหม่ 1.4) การแบ่งปันข้อมูล 1.5) การแก้ปัญหาการทำงาน 2. พฤติกรรมการสื่อสารของนักเรียน พบว่ามีกับเพื่อนนักเรียน ผู้เชี่ยวชาญและครู ครูผู้ช่วย นักเรียนประเภทที่มีตัวตนในบล็อกแบบ Avatar แต่ไม่มีการประเมินโดยเพื่อน มีการสื่อสารเชิงวิชาการกับเพื่อนสูงสุด ส่วนกับผู้เชี่ยวชาญ นักเรียนประเภทที่มีการแสดงตัวตนในบล็อกแบบ Avatar และมีการประเมินโดยเพื่อนมีการสื่อสารเชิงวิชาการสูงสุด และกับครู ครูผู้ช่วย นักเรียนที่แสดงตนในบล็อกด้วยภาพถ่ายและไม่มีการประเมินโดยเพื่อน มีการสื่อสารเชิงวิชาการสูงสุด 3. แบบแผนการทำงานของนักเรียนคือ 3.1) พฤติกรรมการทำงานของหัวหน้ากลุ่มกับสมาชิกกลุ่มส่วนมากแบบมีส่วนร่วม 3.2) พฤติกรรมการทำงานของสมาชิกกลุ่มกับหัวหน้าส่วนมากเป็นแบบให้เกียรติและให้อำนาจตัดสินใจ 3.3) การพูดคุยกับผู้เชี่ยวชาญ (นักวิทยาศาสตร์) ส่วนมากเป็นแบบศรัทธาและให้เกียรติ 4. นักเรียนประเภทที่มีการแสดงตัวตนแบบ Avatar และมีการประเมินโดยเพื่อนมีคะแนนความสามารถในการทำโครงการสูงกว่านักเรียนที่ไม่มีการแสดงตัวตนในบล็อกแบบ Avatar และไม่มีการประเมินโดยเพื่อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Barron (1998) ได้ทำวิจัยเรื่อง Doing with Understanding: Lessons from Research on Problem and Project-Based Learning. โดยมีวิธีวิจัยคือใช้การสำรวจรายบุคคลและให้พวกเขาบรรยาย ว่ามีส่วนร่วมในโครงการนั้นอย่างไร จากนั้นสรุปผลด้วยการอภิปราย ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมโครงการมีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างมาก ข้อค้นพบคือ กิจกรรมโครงการมีจุดมุ่งหมายที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ที่นำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้ง เป็นรูปแบบการสอนที่จะสร้างความรู้ให้อยู่กับนักเรียนได้ยาวนาน ทั้งนี้เป็นการเริ่มต้นกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาก่อนที่จะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนขั้นต่อไป ทำให้มีโอกาสหลากหลายในการประเมินผลด้วยตนเอง พัฒนาทักษะทางสังคมและความเป็นผู้นำได้

จากการศึกษางานวิจัยพบว่า การเรียนการสอนโดยใช้โครงการเป็นฐานส่งผลต่อตัวแปรตามดังนี้ คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ระดับการเกิดพฤติกรรมการณ์อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ความคงทนของการเรียนรู้ และพบว่าโครงสร้างการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองในกิจกรรมโครงการประกอบด้วย วิเคราะห์ความต้องการ กำหนดจุดมุ่งหมาย ออกแบบแผนการเรียนรู้ ปฏิบัติการเรียนรู้ ประเมินการเรียนรู้ของตนเอง ปรับปรุงให้ดีขึ้นเสมอ ซึ่ชมในผลงาน เทคนิค นอกจากนี้ยังพบว่า

โครงการแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ 1) จัดการสอนเป็นวิชาโครงการโดยเฉพาะ 2) จัดเป็นกิจกรรมส่วนหนึ่งของวิชาที่สอน และการประเมินผลของครูเน้นการประเมินช่วงสิ้นสุดโครงการ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการประเมินกระบวนการเรียนการสอน ประเมินวิธีปฏิบัติงาน และประเมินผลผลิตมาใช้ในการทำโครงการที่เกี่ยวกับหุ่นยนต์ซึ่งเป็นงานทางด้านวิทยาศาสตร์ จึงนำขั้นตอนวิธีการวิทยาศาสตร์มาใช้และใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพมาช่วย ทำเป็นโครงการประดิษฐ์ โดยการสร้างสนามแข่งขันหุ่นยนต์ขึ้นมาสำหรับใช้ในการแข่งขัน โดยนำความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้หลายขั้นตอนและประเมินจากการนำหุ่นยนต์ไปแข่งขันจริง เพื่อดูผลสรุปตอนท้าย

การที่จะรับรู้ถึงการนำการเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันมาใช้ในการทำโครงการให้เผยแพร่ ออกไปก็จะต้องมีการเรียนการสอนโปรแกรมหุ่นยนต์และการเขียนโปรแกรมควบคู่กันจึงจะประสบผลสำเร็จ

3. การเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์

3.1 ความหมายของการเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์

การเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์ หมายถึง การเขียนชุดคำสั่งที่เราสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมให้หุ่นยนต์ทำงานได้อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างได้ อาจเป็นไปในรูปแบบการทำงานของหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติซึ่งสามารถจะสั่งให้หุ่นยนต์ทำงานตามต้องการได้ขึ้นอยู่กับที่เขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของหุ่นยนต์นั้น เพื่อนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอน (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และ กฤษดา ใจเย็น, 2548)

3.2 ความรู้เรื่องหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ (Robotics) เป็นการนำความรู้ด้านต่างๆมารวมกันเข้าเพื่อทำให้เกิดความเจริญก้าวหน้า ได้แก่ ด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีปัจจุบัน คณิตศาสตร์ และกลศาสตร์ ทำให้การเรียนการสอนที่นำศาสตร์ต่างๆมารวมเข้าเป็นที่น่าสนใจ สนุก น่าทดลอง และพัฒนาตามจินตนาการของตนเอง (Barker & Anson, 2007)

จากแผนการศึกษาแห่งชาติ (2545-2559) ได้กำหนดแนวนโยบายเพื่อดำเนินการพัฒนา กำลังคนในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อการพึ่งพาตนเองและเน้นสมรรถนะแข่งขันในนานาชาติ โดยมุ่งพัฒนาความสามารถด้านความรู้ ความเข้าใจ และการใช้ศักยภาพของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้พัฒนาหลักสูตร และสื่ออุปกรณ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนกระบวนการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ฝึกฝนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รู้จักหาความรู้ด้วยตนเอง รู้จักใช้เหตุผล ใช้ความคิดสร้างสรรค์ และสามารถใช้อุปกรณ์เป็นเครื่องมือในการพัฒนาการเรียนรู้ ใช้เหตุผลในทางแก้ปัญหา สนุกกับการเรียน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่ง ที่สนับสนุนนโยบายปฏิรูปการศึกษา ในการส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องหุ่นยนต์เพื่อคัดเลือกนักเรียนเป็นตัวแทนประเทศไทยไปร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์ระดับ

นานาชาติอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมและจูงใจให้ครูและนักเรียนได้เรียนรู้วิธีการใช้เทคโนโลยี ผสมผสานกับความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการพัฒนาหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญยิ่งต่อการพัฒนา วงการอุตสาหกรรมของไทยในอนาคต นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ต่อตัวนักเรียน ดังนี้ 1) ทำให้นักเรียน ได้เรียนรู้ทักษะพื้นฐานหุ่นยนต์ 2) ได้รับประสบการณ์ตรงในการทำงานกลุ่ม เพื่อสร้างชิ้นงานตามที่ สนใจ 3) ได้รับการฝึกทักษะด้านการทำโครงการงาน เช่น ทักษะเกี่ยวกับไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และกลไก 4) มีโอกาสที่เข้าร่วมประกวดและแข่งขันหุ่นยนต์ในระดับต่างๆ อีกด้วย

การพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นที่แพร่หลาย ได้แก่ การใช้หุ่นยนต์สอนเนื้อหาวิชา ทั้งนี้เพราะความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้ราคาของอุปกรณ์ หุ่นยนต์ถูกลงจากเดิมมาก สะดวก และง่ายในการนำเข้ามาใช้ในห้องเรียนด้วยเงินทุนที่จำกัด

Papert (1980) ได้กล่าวว่า มีการใช้งานหุ่นยนต์ในห้องเรียนในการทำงาน มาตั้งแต่ปี 1970 และหยุดใช้ เพเพิท (Papert) พยายามให้นักเรียนได้ใช้คอมพิวเตอร์ด้วยการจัดสิ่งแวดล้อมและใช้ หุ่นยนต์ การทำเช่นนี้ทำให้นักเรียนได้รับรู้ความรู้สึกที่มีอิทธิพลของเทคโนโลยี เขาเชื่อว่า นักเรียนต้อง รู้จักอุปลักษณะของหุ่นยนต์ เพราะเป็นรูปธรรมมีส่วนของคอมพิวเตอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มี การนำหลักการทางวิทยาศาสตร์และกลไกต่างๆ มาใช้กับหุ่นยนต์ ทำให้นักเรียนมีความคิดเป็น นามธรรม และประโยชน์ที่ทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (Beer, Chiel, & Drushel, 1999)

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงประการแรกคือชิ้นส่วนที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติขนาดเล็ก ประกอบด้วยอะไรบ้าง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้หุ่นยนต์ iZEBOT ในการดำเนินการวิจัย มี ชิ้นส่วนดังต่อไปนี้

1. แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และบอร์ด
2. กล่องรองกะบะถ่าน
3. แผ่นฐานพลาสติก
4. มอเตอร์พร้อมเฟืองขับ
5. ล้อพลาสติกกลมและยาง
6. ชิ้นต่อมมฉาก
7. ชิ้นต่อมมบ้าน
8. ชิ้นต่อแนวตรง
9. ชุดนอตสกรูและเสารอง
10. แผงวงจรสวิตช์
11. แผงวงจรตรวจจับแสงสะท้อนอินฟราเรด
12. โมดูลวัดระยะทาง
13. รีโมทคอนโทรลอินฟราเรด 4 ช่อง
14. แผงวงจรโมดูลรับแสงอินฟราเรด

นอกจากชิ้นส่วนที่ใช้สร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติ ต้องมีการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุม การทำงานของหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามคำสั่งที่ต้องการ

3.3 การเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้หุ่นยนต์ทำงาน

ในการนำหุ่นยนต์ไปใช้ต้องมีการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้หุ่นยนต์ทำงานได้อัตโนมัติ ดังที่ เอกกรินทร์ ศรีผ่อง (2554) ได้ทำงานวิจัยรวบรวมไว้ว่า การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Programming) หรือการเขียนโค้ด (Coding) เป็นขั้นตอนการเขียน ทดสอบ และดูแลซอร์สโค้ดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งซอร์สโค้ดนั้นจะเขียนด้วยภาษาโปรแกรม ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมต้องการความรู้ในหลายด้านด้วยกัน เกี่ยวกับโปรแกรมที่ต้องการจะเขียนและอัลกอริทึมที่จะใช้ การเขียนโปรแกรมจะได้มาซึ่งซอร์สโค้ดของโปรแกรมนั้นๆ โดยปกติแล้วจะอยู่ในรูปแบบของข้อความ (Plain Text) ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้ จะต้องผ่านการคอมไพล์ตัวซอร์สโค้ดนั้นให้เป็นภาษาเครื่อง (Machine Language) เสียก่อนจึงจะได้เป็นโปรแกรมที่พร้อมใช้งาน การเขียนโปรแกรมถือว่าการผสมผสานกันระหว่างศาสตร์ของศิลปะ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรม เข้าด้วยกัน ซึ่งภาษา คือ สื่อกลาง หรือเครื่องมือที่ใช้แลกเปลี่ยนความคิด ความรู้สึกระหว่างผู้พูดและผู้ฟัง ในทางคอมพิวเตอร์มีภาษาสำหรับสื่อระหว่างคนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นสัญลักษณ์ที่คอมพิวเตอร์เข้าใจ และมนุษย์ใช้สื่อความหมายกับคอมพิวเตอร์ได้ (सानนท์ เจริญฉาย, 2550) เพื่อการสื่อสารที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ มีผู้คิดค้นและพัฒนาโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ขึ้น ทำให้เกิดภาษาคอมพิวเตอร์ต่างๆ ขึ้นมากมาย ในการนี้ภาษาคอมพิวเตอร์ (Computer Language) เป็นสัญลักษณ์ที่ผู้พัฒนาภาษากำหนดรหัสคำสั่งขึ้นมาใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบคอมพิวเตอร์ พัฒนาการภาษาคอมพิวเตอร์เริ่มจากรหัสคำสั่งอยู่ในรูปแบบเลขฐานสอง จากนั้นพัฒนารูปแบบเป็นข้อความภาษาอังกฤษในยุคปัจจุบัน ภาษาคอมพิวเตอร์มีมากมายหลายภาษาให้เลือกใช้งาน มีจุดเด่นด้านประสิทธิภาพคำสั่งแตกต่างกันไป ดังนั้นผู้สร้างงานโปรแกรมต้องศึกษาว่าภาษาใดมีคำสั่งที่มีประสิทธิภาพ ควบคุมการทำงานตามต้องการ เพื่อเลือกไปใช้สร้างโปรแกรมประยุกต์งานตามที่ได้กำหนดจุดประสงค์ไว้ (รุ่งทิวา เสาร์สิงห์, 2549) ภาษาคอมพิวเตอร์มีอยู่เป็นจำนวนมาก แต่เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำงานได้ภาษาเดียว คือภาษาเครื่อง (Machine Language) ซึ่งเป็นภาษาที่บังคับการทำงานของเครื่องอย่างแท้จริง ข้อเสียของภาษาเครื่องคือ ภาษาของแต่ละเครื่องจะไม่เหมือนกัน ทั้งนี้แล้วแต่การออกแบบระบบเครื่องว่าจะเป็นแบบใด นอกจากนี้เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องที่สร้างขึ้นมาส่วนใหญ่จะมีการแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้นอยู่เสมอ ซึ่งจะทำให้ลักษณะของภาษาเครื่องเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันออกไปอีก แต่ภาษาที่ไม่ใช่ภาษาเครื่องอาจจะยังเหมือนเดิมได้ ภาษาเครื่องที่ใช้ในปัจจุบันคือภาษาที่มีคำสั่งอยู่เลขฐานสอง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

สรุปได้ว่า หุ่นยนต์เป็นอุปกรณ์ที่ต้องการการเขียนโปรแกรมที่มีภาษาโดยเฉพาะ โปรแกรมที่เขียนมีไว้สำหรับควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

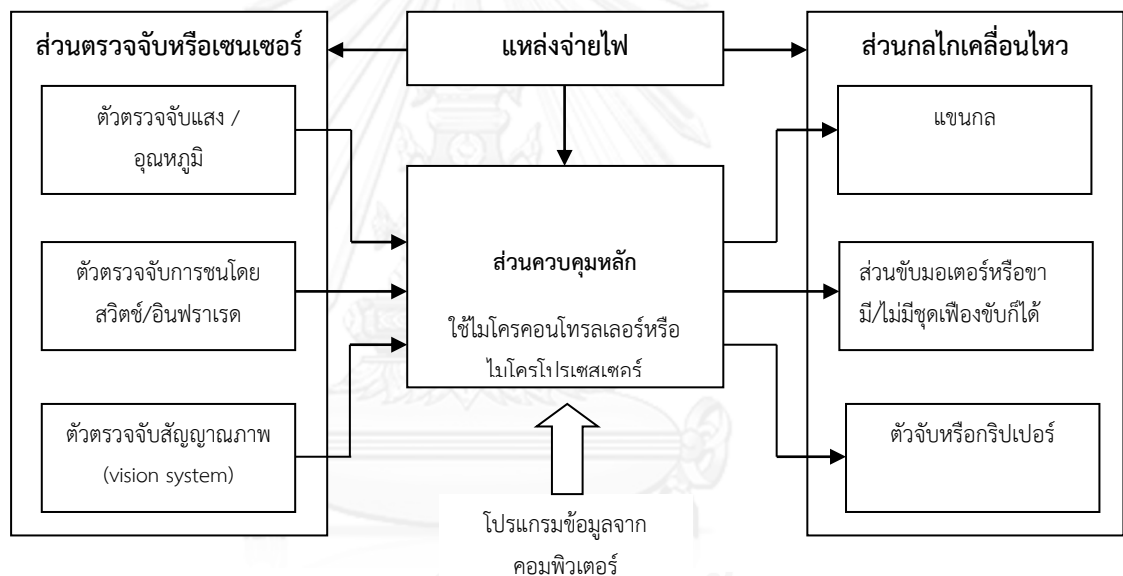
3.4 ประเภทของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท (วิชาญ คำแสน, 2545)

1. หุ่นยนต์ชนิดที่ติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed robot) หุ่นยนต์ประเภทนี้ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนได้ด้วยตนเอง หุ่นยนต์ประเภทนี้มีลักษณะเป็นแขนกล สามารถเคลื่อนไหวได้เฉพาะแต่ละข้อต่อภายในตัวเองเท่านั้น ส่วนมากมักนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานประกอบรถยนต์ เป็นต้น

2. หุ่นยนต์ชนิดเคลื่อนที่ได้ (Mobil robot) หุ่นยนต์ประเภทนี้สามารถเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ด้วยตัวเอง บ้างก็เคลื่อนที่โดยการใช้อล้อ หรือเคลื่อนที่โดยการไต่ขา ซึ่งหุ่นยนต์ประเภทนี้ ส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยที่อยู่ในห้องทดลอง

หุ่นยนต์อัตโนมัติโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนดังนี้ (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และกฤษดา ใจเย็น, 2546) ส่วนควบคุม ส่วนตรวจจับหรือเซนเซอร์ กลไกเคลื่อนไหว และแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งสามารถสรุปเป็นภาพการทำงานโดยรวมได้ดังนี้



ภาพที่ 1 ผังการทำงานโดยรวมเบื้องต้นของหุ่นยนต์อัตโนมัติ

(วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และกฤษดา ใจเย็น, 2546)

1. ส่วนควบคุมหรือสมองของหุ่นยนต์

ส่วนควบคุมหรือสมองของหุ่นยนต์นั้น เป็นส่วนที่ทำให้หุ่นยนต์ต่างจากเครื่องจักรธรรมดาทั่วไป สมองมีไว้ใช้ในการประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ เช่น ตัวตรวจจับการชน หลังจากนั้นวงจรขั้นพื้นฐานภายในหรือ โปรแกรมประยุกต์ที่ถูกฝังอยู่ที่สมองก็จะคำนวณและวิเคราะห์ว่าจะให้หุ่นยนต์ทำอะไรต่อไป ดังนั้นหากปราศจากสมองแล้วหุ่นยนต์ก็ไม่ต่างอะไรกับของเล่นที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เท่านั้น (Johnson, 2002)

โดยทั่วไปสมองของหุ่นยนต์สามารถสร้างขึ้นด้วยการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน อย่างเช่น ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ เป็นวงจรอย่างง่าย (McComb, 2001) แต่ข้อเสียที่สำคัญของการสร้างสมองหุ่นยนต์ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์คือ การเชื่อมต่อ

วงจรรอยางถาวรซึ่งหากมีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมความสามารถของหุ่นยนต์ จะต้องตัดต่อสายหรือแม้กระทั่งต้องสร้างวงจรมใหม่ ดังนั้นปัจจุบันในการสร้างสมองของหุ่นยนต์จึงนิยมใช้ระบบคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ (คิโยฮิโร โนริอากิ, 2546) เนื่องจากเมื่อใดที่ต้องการเปลี่ยนการทำงานของหุ่นยนต์ เราก็สามารถเชื่อมต่อวงจรมองที่ประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ใหม่ได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมที่อยู่ภายในเท่านั้น เช่น ถ้หุ่นยนต์ประกอบได้ด้วยตัวตรวจจับแสง 2 ตัวและมอเตอร์ 2 ตัว สามารถเปลี่ยนบางส่วนของโปรแกรมก็สมารถทำให้หุ่นยนต์เดินเข้าไปหาแหล่งกำเนิดแสง หรือ เดินหนีจากแหล่งกำเนิดแสงได้ตามต้องการ โดยไม่ต้องยุ่งยากกับวงจรมควบคุมของหุ่นยนต์แม้แต่นิดเดียว (McComb, 2001)

2. ส่วนตรวจจับหรือเซนเซอร์

เซนเซอร์ (sensor) หรือตัวตรวจจับของหุ่นยนต์นั้น เปรียบเทียบได้กับประสาทสัมผัสของมนุษย์ เซนเซอร์จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมเพื่อรายงานให้ส่วนควบคุมทราบว่าสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างไร เช่น เซนเซอร์ตรวจการชน จะทำหน้าที่ตรวจสอบว่ามีสิ่งใดขวางทางที่หุ่นยนต์กำลังเคลื่อนที่ไปหรือไม่ ซึ่งข้อมูลนี้จะใช้ประกอบในการตัดสินใจของหุ่นยนต์ว่าจะเคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวางนัองอย่างไร (คิโยฮิโร โนริอากิ, 2546) เซนเซอร์ที่ใช้กับหุ่นยนต์มีหลายแบบ เช่น เซนเซอร์ตรวจจับการชน ตรวจจับปริมาณแสง ตรวจจับอุณหภูมิ ตรวจจับควัน ตรวจจับระยะทาง ตรวจจับความเร็วและอื่นๆ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับหุ่นยนต์ได้ทั้งสิ้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการสร้างหุ่นยนต์นั้น (McComb, 2001) เนื่องจากเซนเซอร์จะมีหน้าที่ตรวจจับสัญญาณหรือการเปลี่ยนแปลงของปริมาณทางวิทยาศาสตร์ แล้วรายงานหรือแจ้งให้ส่วนควบคุมรับทราบ (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และกฤษดา ใจเย็น, 2546)

3. กลไกเคลื่อนไหว

กลไกเคลื่อนไหวนับได้ว่าเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ขาดไม่ได้สำหรับหุ่นยนต์เพราะหุ่นยนต์ต้องมีการเคลื่อนไหว จะเคลื่อนไหวบางส่วน หรือทั้งหมดก็ได้ ในกลไกเคลื่อนไหวจะมีส่วนประกอบย่อยที่สำคัญ 2 ส่วนคือ แหล่งกำเนิดการเคลื่อนไหว และกลไกของการขับเคลื่อน

1. แหล่งกำเนิดการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ที่รู้จักกันดีคือ มอเตอร์ (motor) มอเตอร์ที่นิยมใช้งานได้แก่ มอเตอร์ไฟตรงธรรมดา เซอร์โวมอเตอร์ และสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ซึ่งมอเตอร์แต่ละแบบต่างก็ต้องการวงจรขับเคลื่อนเฉพาะเป็นของตัวเอง ความต้องการพลังงานไฟฟ้ในการทำงานก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของมอเตอร์ ซึ่งจะส่งผลต่อแหล่งจ่ายไฟของหุ่นยนต์ด้วยเพราะในหุ่นยนต์บางตัวต้องใช้แหล่งไฟแยกเฉพาะสำหรับส่วนขับเคลื่อนนี้ เนื่องจากใช้แรงดันที่สูงกว่าแรงดันไฟเลี้ยงของส่วนควบคุม และยังใช้เพื่อช่วยลดผลของสัญญาณรบกวนและเพิ่มประสิทธิภาพด้วย โดยส่วนใหญ่วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟตรงจะออกแบบให้ใช้สายสัญญาณ 2 เส้นคือ สายควบคุมทิศทางหมุนของมอเตอร์ (direction) และสายสัญญาณกำหนดความเร็ว (pulse) แต่สำหรับการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ขนาดเล็กอย่าง RC เซอร์โวมอเตอร์จะใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียว หรือในการขับเคลื่อนสเต็ปเปอร์มอเตอร์ควรใช้สายสัญญาณ 2 เส้น เพื่อความสะดวกในการควบคุมและสามารถทำความเข้าใจและตรวจสอบการทำงานได้ง่าย

2. กลไกของการขับเคลื่อน ในการสร้างส่วนขับเคลื่อนของหุ่นยนต์นั้นเราสามารถนำมอเตอร์มาขับเคลื่อนหุ่นยนต์ได้โดยตรง หากมอเตอร์ตัวนั้นมีกำหนดและแรงบิดหรือ ทอร์ก

(torque) ที่มากพอ เช่น เซอร์โวมอเตอร์หรือสเต็ปเปอร์มอเตอร์ สำหรับมอเตอร์ไฟตรงแบบธรรมดา มักมีความเร็วรอบสูงมากๆ แต่แรงบิดน้อย ทำให้การควบคุมยากและเมื่อนำไปใช้ขับเคลื่อนจะทำได้ไม่ดี เนื่องจากแรงบิดน้อย จึงไม่สามารถเอาชนะความฝืดของพื้นผิวที่หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปได้ หุ่นยนต์จึงไม่เคลื่อนที่หรือถ้าเคลื่อนที่ได้ก็ไม่ดี ไม่สามารถไต่เนินลาดเอียงได้ ส่วนประกอบที่สองที่เป็นกลไก (mechanics) จึงมีส่วนสำคัญมากในการแก้ปัญหา

4. แหล่งจ่ายไฟ

แหล่งจ่ายไฟ ถือว่าเป็นส่วนที่ทำให้หุ่นยนต์มีชีวิต (McComb, 2001) เนื่องจากหากไม่มีแหล่งจ่ายไฟ ทุกส่วนที่กล่าวมาก่อนหน้านี้จะไม่มีทางทำงานได้ สำหรับหุ่นยนต์ส่วนใหญ่จะใช้แรงดันไฟตรงเป็นไฟเลี้ยง ระดับของแรงดันขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของส่วนควบคุม ชนิดและขนาดของมอเตอร์เป็นหลัก แหล่งจ่ายไฟในหุ่นยนต์ส่วนมากมักเป็นแบตเตอรี่ (battery) แบตเตอรี่ที่ใช้มีทั้งแบบประจุแรงดันใหม่ได้และไม่ได้อัน ซึ่งราคาของมันก็จะแตกต่างกันไปรวมไปถึงชนิดของวัสดุที่ทำนำมาผลิต แบตเตอรี่ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้า หากเป็นแบตเตอรี่ธรรมดาขนาด AA จะจ่ายแรงดันได้ 1.5V กระแสไฟฟ้าประมาณ 400-800 mA แต่ถ้าเป็นแบตเตอรี่ที่ประจุใหม่ได้ จะมีแรงดัน 1.2V กระแสไฟฟ้าประมาณ 500-1500 mA

นอกจากนี้ Barker and Ansoorge (2007) เสนอประโยชน์ของหุ่นยนต์ไว้ดังนี้

1. การใช้หุ่นยนต์ในการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ทำให้เพิ่มความสนใจและพัฒนาทัศนคติของนักเรียนที่เรียนเกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
2. การใช้หุ่นยนต์ในการสอนหลักการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โดยสามารถทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ 1-2 วินาที ทำให้เห็นสัมพันธภาพของโปรแกรม และคณิตศาสตร์
3. การสร้างและเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ ทำให้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในขณะทำงาน
4. จากการทำงานเป็นทีม ทำให้มีสัมพันธภาพระหว่างเพื่อนและแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน ทำให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาหลายๆแนวทาง

การเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์โดยบรรจุเข้าไปในหลักสูตรรายวิชาเลือกเสรี เพื่อการเผยแพร่ไปอย่างรวดเร็ว ประโยชน์ของการเรียนวิชานี้ ทำให้เพิ่มจำนวนนักวิทยาศาสตร์น้อย และ ความสนใจในการเรียนการสอนทางสาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มากขึ้น

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์

Goldman, Eguchi, and Sklar (2004) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับหลักสูตรการศึกษาหุ่นยนต์ด้วยเทคโนโลยีในการสอนฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ในโรงเรียน Inter city ที่เมือง นิวยอร์ก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น หลักสูตรหุ่นยนต์ แบ่งเป็น 2 โครงการ และเปิดเรียนในฤดูร้อน โครงการแรก ชื่อ STEP มาจากมหาวิทยาลัย เบอร์นาร์ด ในโคลัมเบีย ใช้เวลาเรียน 5 สัปดาห์ รับนักเรียน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 12 คน รวมทั้งหมด 24 คน มีอายุระหว่าง 14-16 ปี ใช้เวลาเรียน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เรียนครั้งละ 1 1/2 ชั่วโมง จุดประสงค์ เพื่อเพิ่มจำนวนผู้เข้าเรียนต่อในมหาวิทยาลัย และผู้ที่เตรียมตัวประกอบอาชีพซึ่งมีใบรับรองวุฒิให้ และพัฒนาหลักสูตรเฉพาะคอมพิวเตอร์ โครงการที่สอง คือ P2W อยู่ Central Harlem โครงการนี้เปิดเรียนตลอดทั้งปี และสามารถเรียนได้ทุกอายุ ใช้เวลาในการเรียน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 ชั่วโมง ในแต่ละห้องเรียนมี

นักเรียนประมาณ 20 คน จุดประสงค์ของหลักสูตรนี้ ต้องการพัฒนาหลักสูตรโดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ โครงการนี้เปิดพิเศษเฉพาะฤดูร้อน สำหรับเด็กเล็ก ให้หัดทำกล่องเครื่องมือ (Kid) เครื่องมือที่ใช้เป็น Lego Robot ที่พัฒนามาจาก Tankbot ที่สร้างโดย “C.M.U. Robotics Academy” ซึ่งดัดแปลงมาจาก พาหนะล้อเลื่อนหรือ Go cart ซึ่งไม่มีมอเตอร์ และต่อเติมในส่วนที่ใช้มอเตอร์ต่างๆ และ LEGO RCR (Microprocessor) เข้าไปภายในของหุ่นยนต์ ได้สร้างปุ่มสัมผัสรับสัญญาณ (Touch sensor) และ Light sensor เพิ่มขึ้น นำมาใช้เป็นส่วนต่างในหลักสูตร กระบวนการพัฒนาหลักสูตร แบ่งได้เป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ 1) การสร้าง (Construction) 2) การเขียนโปรแกรม (Programming) และ 3) การนำไปใช้ (Application) วิธีการในการวิจัยครั้งนี้ ใช้การสำรวจโดยสำรวจก่อนและหลังทำงาน เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหา กระบวนการทางปัญญา และระดับความสนใจในวิชา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีหุ่นยนต์ รวมไปถึงการให้ผลย้อนกลับ เป็นการประเมินโครงการ ไปพร้อมๆกัน การอภิปราย การให้ feedback และการทำ Workshop ในฤดูร้อนโดยใช้ website online ผลการวิจัย พบว่า การวิจัยนี้ขาดความเที่ยง (Reliability) เพราะกลุ่มตัวอย่างน้อยมาก แต่ยังมีผู้สนใจมาลงทะเบียนตลอดเวลาทั้งสองโครงการ และการเรียนประสบผลสำเร็จ การทำโครงการ หุ่นยนต์เป็นหนึ่งในโครงการที่นักเรียนสนใจหาประสบการณ์ และต้องการ feedback ทันทิมากกว่าที่จะรอคำถามจาก Pre and Post โดยตรง นอกจากนี้ยังพบว่า การแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 3 คน จะดีที่สุด แต่ผู้เรียนยังกล่าวว่า ตนเองขาดความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับหุ่นยนต์ ซึ่งจะต้องช่วยโดยจัดหาที่เลี้ยงให้ และความยากที่สุดของการวิจัยครั้งนี้ คือ การให้ความยินยอมจากพ่อแม่และผู้ปกครองในการร่วมวิจัย

Barak and Zadok (2009) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับโครงการหุ่นยนต์ การเรียนความคิด ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการแก้ปัญหา การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยทำโครงการหุ่นยนต์ที่ใช้ Lego mindstrom ในโรงเรียนมัธยมศึกษาในระดับต้นที่ศูนย์การศึกษาฮอลอน (Holon) HIT เป็นวิทยาลัยที่สอนทางวิศวกรรมศาสตร์ ตั้งอยู่ที่ Tel-Aviv หลักสูตรที่เรียนใช้เวลาเวลา 15 สัปดาห์ สอนสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง โดยผู้สอนต้องมีประสบการณ์ด้านการสอนทำหุ่นยนต์อย่างน้อย 5 ปี การวิจัยนี้ดำเนินการเป็นเวลา 3 ปี นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน ในปีแรก (2004-2005) นักเรียนทั้งหมด 80 คน เป็นหญิง 38 คน ปีที่สอง (2005-2006) นักเรียนทั้งหมด 76 คน เป็นหญิง 29 คน และในปีที่สาม (2006-2007) นักเรียนทั้งหมด 116 คน เป็นหญิง 67 คนและในปีนี้มีนักเรียน ปีที่ 1 และปีที่ 2 เข้ามาเรียนในวิชาขั้นสูง แต่นักเรียนปีที่ 3 เข้ามาเรียนในวิชาพื้นฐานของปีที่ 1 ด้วย คำถามการวิจัยในเรื่องนี้ มี 3 คำถาม คือ 1) ทำอย่างไรจึงจะแก้ปัญหาของหุ่นยนต์ให้ทันเวลา 2) ความรู้ชนิดใดที่นำมาใช้ในการทำโครงการหุ่นยนต์ และ 3) ทำอย่างไรให้การสอนนอกระบบที่เป็นอยู่ เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการแก้ปัญหา ให้ได้ประโยชน์ได้มาก วิธีการรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ใช้การสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม โดยใช้การสังเกตในชั้นเรียน สิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นคือหุ่นยนต์ การแก้ปัญหา การวิเคราะห์ที่ตรงต่อขณะทำงาน การสะท้อนความคิด ของตนเองในแต่ละโครงการ รวมทั้ง การเขียนรายงาน การประชุม อภิปราย ถ่ายภาพ วิดีโอ เก็บ บันทึกลงไว้ในไฟล์คอมพิวเตอร์ เป็นการเรียนเนื้อหา เป็นความรู้ในการปฏิบัติ (Procedure Knowledge) ในปีที่สอง เรียนรู้ลักษณะ วิธีการต่างๆ เตรียมงานในการสร้างหุ่นยนต์ รวมทั้งหน้าที่ ส่วนประกอบต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ กลศาสตร์ ชีววิทยา คณิตศาสตร์ เป็นต้น เรียนให้เข้าใจ

ลึกซึ้งถึงส่วนต่างๆ ที่จะประกอบเป็นหุ่นยนต์ ให้เป็นการให้ความรู้ด้าน Conceptual Knowledge ในปีที่ 3 เป็นการทำให้หุ่นยนต์และการแก้ปัญหาที่พบในขณะทำงาน เตรียมรายงานการปฏิบัติการสร้างหุ่นยนต์ การอภิปรายสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนนักเรียน ครู ผู้ปกครอง และผู้บริหาร เพื่อให้ได้ข้อคิดเห็น (Reflection) สิ่งที่พบในงานวิจัยนี้ คือ ได้ผลิตหุ่นยนต์ขนาดเล็กที่ทำด้วย Lego mindstrom ที่มีคุณภาพ โดยใช้ความรู้ 3 อย่างที่เรียนมาประกอบกัน ด้วยความช่วยเหลือจากครูเพียงเล็กน้อย สิ่งที่ทำต่อมาก็คือ ได้รถหุ่นยนต์ที่สามารถวิ่งบนทางโค้งได้ และได้หุ่นยนต์ขวางลูกบอลลงตะกร้า แต่ปัญหาที่พบคือ การป้องกันไม่ให้หุ่นยนต์ล้ม และรถหุ่นยนต์วิ่งถอยหลังเมื่อไต่ขึ้นทางโค้งที่นักเรียนต้องแก้ไขให้สำเร็จ โดยสรุปการวิจัยนี้ตอบคำถามการวิจัยได้ทั้งสามข้อ ช่วยให้เข้าใจในการทำโครงการ ประหยัดเวลาและแรงงาน ได้รับความรู้และกิจกรรมจากการกระทำมากขึ้นกว่าเนื้อหาที่จำกัดให้เรียนที่ใช้การท่องจำ

Barker and Ansorge (2007) ได้ทำวิจัยหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้หุ่นยนต์เป็นเครื่องมือ โดยใช้ kid ของหุ่นยนต์ ที่เรียกว่า Lego mindstrom และการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ที่เรียกว่า Robolab ซึ่งสร้างจากทฤษฎีการเรียนรู้ประสบการณ์ ของ Klob (1984) แบ่งเป็น 5 ตอน ได้แก่ 1) ประสบการณ์ (experiences) จากการทำกิจกรรม 2) การแบ่งปัน (share) เป็นปฏิกริยาและการสังเกตในสังคมสิ่งแวดล้อม 3) กระบวนการ (process) การวิเคราะห์และการไตร่ตรองจากสิ่งที่เกิดขึ้น 4) หลักการทั่วไป (generalize) การค้นพบสิ่งนี้จะเรียนและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน 5) ประโยชน์ที่นำไปใช้ (apply) สิ่งที่เรียนจะเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน หรือเป็นเหตุการณ์ที่แตกต่างกันของประสบการณ์ ทำให้มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และการร่วมมือ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นนักเรียนอายุ 9-11 ปี จำนวน 32 คน จากโรงเรียนประถมศึกษาในภูมิภาคของ Nebraska กลุ่มทดลอง 14 คน ที่เลือกทดลองกับหุ่นยนต์ กลุ่มควบคุมสุ่มจากนักเรียนที่เหลือทั้งหมดในโรงเรียน อีก 18 คน โดยหัวหน้าครูและเป็นผู้ไม่เคยทำงานกับหุ่นยนต์เลย การทดลองครั้งนี้ใช้การทดลองแบบ Quasi-experiment ทดสอบก่อนและหลังเรียน กลุ่มทดลองเรียนในโปรแกรมหุ่นยนต์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง วันละ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำทดสอบหลังเรียนทั้งสองกลุ่ม การประเมินใช้กระดาษและดินสอมีคำถาม การประเมินผลมี 24 ข้อ ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ถ้าตอบผิดถูกหักคะแนน 3 คะแนนต่อ 1 ข้อ คำถามมาจากกิจกรรมในหลักสูตรหุ่นยนต์ กิจกรรม มี 2 ชนิด 1) การสร้างหุ่นยนต์ก็โดยใช้ “Tankbot” และ Robolab ซอร์ฟแวร์ 2) การควบคุมหุ่นยนต์ ให้เลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวา ถึง 90 องศาในการแข่งขัน โดยใช้สนามที่มีรูปเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 36x36 นิ้ว ลงแข่งขันกัน 3 ครั้ง ผลจากการวิจัย พบว่า นักเรียนสามารถทำให้หุ่นยนต์ปฏิบัติตามกติกาการแข่งขันได้สำเร็จและใช้ sensor (การควบคุมสัญญาณ) ให้สามารถเปลี่ยนแปลงตามต้องการได้

จากการศึกษางานวิจัยพบว่า การเรียนการสอนการโปรแกรมหุ่นยนต์ถูกนำมาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนและเป็นการเรียนที่ผู้เรียนต้องใช้ความรู้จากหลายสาขาร่วมกัน

4. แนวคิดคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้อย่างร่วมมือ

(Computer Supported Collaboration Learning: CSCL)

แนวคิดคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ ได้ถูกนิยามว่าเป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่สนับสนุนการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นแนวคิดที่นำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการจัดสร้างสภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากการเรียนในรูปแบบนี้ได้นำเอาเทคโนโลยีเข้ามาสนับสนุนการเรียนในสภาพแวดล้อมการทำงานจริง (Ellis, Gibbs, & Rein, 1991)

Wasson (1998) กล่าวว่า “CSCL” พัฒนามาจาก Computer supported collaborative work (CSCW) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้คอมพิวเตอร์ช่วยให้การทำงาน ซึ่งสนใจในปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้ในบริบทของกลุ่มผู้ใช้ โดยเป็นระบบคอมพิวเตอร์เครือข่ายที่สนับสนุนการทำงานเป็นกลุ่ม สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ การเรียนเป็นกลุ่มของผู้เรียนที่มีจุดมุ่งหมายเดียวกัน แต่ CSCL กับ CSCW จะมีความต่างกันตรงที่ CSCW จะมุ่งเน้นในเรื่องเทคนิควิธีการสื่อสาร แต่ CSCL จะมุ่งเน้นกับเนื้อหาที่จะสื่อสารเท่านั้น คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือยังช่วยให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มได้ทั้งในและนอกห้องเรียน โดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาและสถานที่

การเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือนี้ช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบทเรียนได้อย่างลึกซึ้งขึ้น เพิ่มระยะเวลาในการจดจำเนื้อหาต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นนักคิด (thinker) มีความกระตือรือร้นมีการเรียน (active learner) เพื่อที่จะบรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายทางการเรียนการสอนในวิชานั้นๆ

4.1 การจัดประเภทเครื่องมือที่ใช้ในคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้อย่างร่วมมือ

เครื่องมือที่ใช้ในคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้อย่างร่วมมือ แบ่งประเภทออกได้เป็นดังนี้

4.1.1 แบ่งตามลักษณะกิจกรรม ประกอบด้วย

1. Visualization คือภาพที่มองเห็นซึ่งจะมีอยู่ในรูปของวีดิทัศน์ มัลติมีเดียสามารถทำให้เกิดความเข้าใจในความคิดที่เป็นนามธรรม โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและเหตุการณ์ เช่น Concept maps, diagram และ text ในการวิจัยนี้ได้นำวีดิทัศน์เสริมความรู้มาเป็นเครื่องมือช่วยเสริมศักยภาพในการเรียนการสอน :

1.1 “วีดิทัศน์” เป็นศัพท์บัญญัติของราชบัณฑิตสถาน มาจากคำว่า “Video” ซึ่งหมายถึง การนำเสนอภาพบนจอปรากฏบนจอโทรทัศน์ (Heimich & Others, 1999) (Heimich & Others, 1999) วีดิทัศน์เป็นสื่อภาพเคลื่อนไหวและเสียงที่มาแทนฟิล์มภาพยนตร์เพื่อใช้ในการเรียนการสอน เนื่องจากขั้นตอนการใช้งานง่ายกว่า ต้นทุนการผลิตต่ำ ทำสำเนาจำนวนมากได้ ไม่ชำรุดง่ายเหมือนฟิล์มภาพยนตร์ โดยเฉพาะการใช้วีดิทัศน์ร่วมกับโทรทัศน์เพื่อการสอนและการศึกษา สะดวกในการใช้ สามารถบันทึกบทเรียนหรือการสอนไว้ได้เพื่อนำกลับมาใช้ได้อีกหลายครั้ง เช่น บันทึกการสอนของครูที่สอนในห้องเรียน บันทึกการสอนแบบจุลภาค เพื่อให้ผู้เรียนบันทึกภาพการทดลองของตนไว้ชมเพื่อปรับปรุงข้อบกพร่อง หรือบันทึกรายการจากโทรทัศน์แบบ

แพร่สัญญาณ เมื่อบันทึกลงแถบวีดิทัศน์ยังสามารถนำมาแปลงสัญญาณเพื่อบันทึกลงบนแผ่นวีซีดี เพื่อใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องเล่น วีซีดีได้ ในการผลิตวีดิทัศน์มีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1. กล้องวีดิทัศน์ เป็นกล้องที่ใช้เพื่อถ่ายทอดการสอนภายใน ห้องเรียนหรือห้องสตูดิโอเพื่อส่งสัญญาณภาพและเสียงออกจากจอโทรทัศน์ไปยังผู้เรียนที่อยู่ในที่อื่นๆ ในลักษณะการแพร่สัญญาณภาพและสัญญาณโทรทัศน์วงจรปิด หรือบันทึกการสอน รวมถึงการถ่ายทำวีดิทัศน์ทั้งภายในและภายนอกสถานที่

2. คลิปวีดิโอดิจิทัล (Digital Video Clip) เป็นการบันทึกและ ฉายภาพเคลื่อนไหวระบบดิจิทัลให้ดูเหมือนมีชีวิตจริง ภาพแต่ละเฟรมจะต้องถูกแปลงให้เป็นระบบ ดิจิทัล และเรียงติดต่อกัน เรียกว่า คลิปวีดิโอดิจิทัล การทำให้เป็นไฟล์ภาพขนาดใหญ่ เช่น วีดีโอ คลิปที่มีคุณภาพสูง ใช้เวลาฉายเพียง 3 นาที จะใช้เนื้อที่บันทึกมากถึง 1 จิกะไบต์ ด้วยเหตุนี้ เทคโนโลยีการบีบอัด (Compression Technologies) จึงเกิดขึ้นเพื่อลดเหลือเนื้อที่เก็บบันทึกและ ความสะดวก รวดเร็วในการส่งผ่านบนอินเทอร์เน็ต การบีบอัดลักษณะนี้สามารถลดขนาดไฟล์ได้ถึง 1/50 ของขนาดเดิม และต้องใช้ซอฟต์แวร์เฉพาะเพื่อคลายการบีบอัดให้สามารถเล่นภาพและเสียง ของเดิมได้

นอกจากนี้ Romiszowski (1981) กล่าวถึงสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการ ออกแบบวีดิทัศน์ ไว้ดังนี้

1. การเห็น (Seeing) เป็นคุณสมบัติหนึ่งของการออกแบบวีดิทัศน์ เพื่อให้ ผู้ชมได้เห็นภาพสิ่งต่างๆ ที่เคยเห็นมาก่อน หรือมองผ่านเลยไป หรือไม่เคยมองเห็นมาก่อนเลย ให้เกิด ความเคยชินกับสิ่งที่เห็น สิ่งที่ต้องสร้างหรือออกแบบการผลิตวีดิทัศน์ คือ การให้ผู้ชมคุ้นเคยกับสิ่งที่ มองเห็น (Familiarity) ซึ่งอาจจะไม่เคยมองมาก่อนเลย ได้มองเห็น เช่น การขึ้นรถไฟเดินทางไป จังหวัดเชียงใหม่ นั่งชมวิวที่รถไฟวิ่งผ่านแต่บอกไม่ได้ว่า ผ่านที่ไหน และที่ไหนสวยงามกว่ากันแต่ไม่ เคยที่จะได้พิจารณาดูในรายละเอียด เพียงแต่มองผ่านไป วีดิทัศน์จะช่วยให้ผู้ชมได้สังเกตเห็นสิ่งต่างๆ เหล่านี้ด้วยตนเอง จากนั้นทำให้ผู้ชมได้มองเห็นลึกซึ้งยิ่งขึ้นด้วย การมองสิ่งที่เห็นอย่างถี่ถ้วนมากยิ่งขึ้น (Discernment) การมองเห็นภาพในวีดิทัศน์ที่จัดสร้างขึ้น ทำให้ผู้ชมเห็นสิ่งต่างๆ ที่ไม่เคยมองเห็นมา ก่อน ทั้งที่เป็นสิ่งที่มีมาก่อนแล้ว ภาพในวีดิทัศน์ที่สร้างขึ้นต้องมีสิ่งที่เหล่านี้ให้แก่ผู้ชมด้วย ความสำเร็จในการออกแบบวีดิทัศน์ประเมินได้จากการชมวีดิทัศน์ว่า สิ่งใดที่เขาจำได้หรือระลึกได้ (Recognition) เป็นการทดสอบการมองเห็นและความคุ้นเคย วิธีที่ดีที่สุดในการจดจำภาพ (Shepard, 1967) คือการให้ดูภาพในมุมต่างๆกัน แล้วถามว่า เห็นอะไรเป็นการประเมินการมองเห็น (Seeing) ไปพร้อมกันด้วย (Derry et al., 2005) ช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ ช่วยให้ผู้เรียนสังเกตและ สามารถจดบันทึก (Noticing) ไว้ได้

2. การจูงใจผู้ชม (Engaging) การที่จะให้ผู้เรียนเรียนด้วยความตั้งใจที่จะ ไปสู่จุดหมายนั้น ต้องมีแรงจูงใจให้มีความต้องการที่จะเรียน สิ่งนั้นคือ “ความสนใจ” (Interest) ผู้ชม วีดิทัศน์ต้องมีความสนใจในเรื่องนั้น และสนใจติดตามขั้นตอนการเรียน ซึ่งต้องอาศัยแรงจูงใจให้ ผู้เรียนอยากเรียน วีดิทัศน์เป็นสิ่งกระตุ้นให้จูงใจผู้เรียนมีความต้องการที่จะเรียนได้ดีที่สุด เพราะทำให้ ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่มีอยู่เดิมมาผนวกกับสิ่งที่เห็นในวีดิทัศน์ ทำให้เกิดความสนใจเนื้อหาการ สอน ดังนั้นการทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจมีการกระตุ้น 2 แบบ ได้แก่

แบบที่ 1 การกระตุ้นผู้เรียนภายนอก (Extrinsic Motivation) เช่น การให้รางวัล เมื่อผู้เรียนสอบได้คะแนนดีเยี่ยม เป็นต้น เป็นการกระตุ้นภายนอกที่ดีและเหมาะสม

แบบที่ 2 การกระตุ้นภายใน (Intrinsic Motivation) คือสิ่งที่ผู้เรียนสนใจ ได้แก่ เนื้อหา (Contextualize) ที่มีความหมายต่อผู้เรียน เทคนิคการกระตุ้นภายใน คือการทบทวนภูมิหลัง เพื่อกระตุ้นความรู้เดิมให้เป็นหลักในการทำกิจกรรม แต่ถ้าไม่มีความรู้เดิมมาก่อน อาจเป็นการยากที่จะจดจำบทเรียนใหม่ และต้องท่องเนื้อหามากกว่าการเข้าใจ แรงจูงใจภายในทำให้เกิดการกระตุ้นและพัฒนาเป็นความสนใจขึ้น การกระตุ้นและการจูงใจทั้งภายนอกและภายใน เป็นการผูกมัดให้ผู้เรียนต้องการการเรียนรู้ใหม่ๆ เพิ่มขึ้น สิ่งเหล่านี้จะทำให้การผลิตวิดีโอทัศน์ประสบความสำเร็จมากขึ้น

ในการประเมินการจูงใจผูกมัด (Engaging) นั้น มีเป้าหมายที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเตรียมตัวที่จะเรียน เห็นได้จากผู้เรียนสนใจการเรียนและการสอบหรือทำงานได้ดีมากขึ้นกว่าเดิม ในการประเมินเนื้อหา (Contextualization) สังเกตจากที่ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนต่อเพิ่มเติมในอนาคต (Future Learning) (Bransford & Schwartz, 1999)

3. การกระทำ (Doing) วิดีทัศน์นำเสนอการกระทำซึ่งเป็นการแสดงพฤติกรรมของมนุษย์ที่ถูกต้องเป็นไปตามอุดมคติตามความต้องการในการแสดงออกของบุคคล การแสดงออกในรูปของการกระทำมี 2 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1 ทักษะ (Attitude) เป็นผลจากการเรียนรู้พฤติกรรมของบุคคลอื่นมาเป็นตัวอย่างโดยไม่ตั้งใจ (Bandura, 1986) ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของสิ่งที่สามารถเลียนแบบได้ ทักษะในวิดีโอทัศน์ที่สามารถเป็น Model ที่ดีได้คือ การนำเสนอลักษณะรูปพรรณ (Identification) ที่ดี เช่น การเลียนแบบสิ่งที่ดีงามแล้วนำมาปฏิบัติกับตนเอง ส่วนการเรียนรู้ทักษะจากการสาธิต (Demonstration) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เหมาะสม การให้งานที่มีความยากและซับซ้อน การชมวิดีโอทัศน์จะช่วยให้การสอนการทำงานแต่ละขั้นง่ายขึ้น และไม่จำเป็นต้องสอนทำทั้งหมดในคราวเดียว การสอนทักษะที่ดีที่สุดต้องมีการอธิบายเหตุผลที่ต้องทำที่ละขั้นเช่นนี้ ทักษะดีสามารถประเมินได้จากการกระทำ โดยดูจาก การแสดงกริยา ท่าทาง (Manner) ตัวอย่างของทักษะที่ดี เช่น การพบปะผู้อาวุโสกว่า ก็ต้องแสดงความเคารพด้วยการไหว้ ที่มีการแสดงในวิดีโอทัศน์ เด็กก็จะทำตามในเวลาต่อมา แต่ถ้าในวิดีโอทัศน์แสดงกริยาก้าวร้าวต่อบุพการี เด็กก็จะก้าวร้าวกับบุพการีของตนในเวลาต่อมาด้วย สิ่งเหล่านี้เป็นอิทธิพลของทักษะที่ดีที่แฝงอยู่ในวิดีโอทัศน์

3.2 ทักษะ (Skills) เกิดจากความรู้ที่ได้เรียนมา และความพยายามที่จะปฏิบัติงานในส่วนที่รับมอบหมาย การฝึกทักษะเป็นเรื่องยากเพราะต้องมีการฝึกปฏิบัติ และจะยากมากขึ้นไปอีกหากต้องการให้แสดงการฝึกปฏิบัติซ้ำ หรือให้กระทำอย่างใกล้ชิดและทำอย่างซ้ำๆ และทักษะก็ไม่ได้ขึ้นกับจำนวนครั้งที่ปฏิบัติ แต่อยู่ที่การกระทำของบุคคลคนนั้น การสอนทักษะที่ดี ต้องแน่ใจว่า ผู้เรียนเกิดความเข้าใจแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติ ผู้เรียนจึงจะสามารถเลียนแบบได้

Romiszowski (1981) ยังกล่าวถึงรูปแบบของวิดีโอทัศน์ที่ผลิตขึ้น มีรูปแบบดังนี้

1. วิดีทัศน์การท่องเที่ยวที่มีการบรรยายประกอบ (Tour Portrayal)

2. วิดีทัศน์แสดงความคิดเห็น (Point of View)
 3. วิดีทัศน์แสดงสถานการณ์จำลองต่างๆ (Simulation)
 4. วิดีทัศน์แสดงจุดเด่นในเรื่องต่างๆ (High lighting)
 5. วิดีทัศน์โฆษณา (Advertisement)
 6. วิดีทัศน์การศึกษาที่มีกรณีศึกษา (Case Study) ร่วมกับ (Education and Trailers)

7. วิดีทัศน์ส่งเสริมการท่องเที่ยว (Trigger)
 8. วิดีทัศน์สารคดีที่มีการบรรยายประกอบ(Narrative)
 9. วิดีทัศน์สอนแก้ปัญหาต่างๆ (Anchor Video) ในวิดีโอทัศน์จะแสดงวิธีแก้ไขปัญหาให้สั้นลง ง่ายขึ้น สามารถนำมาใช้ได้ในชีวิตประจำวันได้

งานการประเมินคุณภาพของวิดีโอทัศน์เพื่อศึกษาว่าวิดีโอทัศน์ที่ผลิตขึ้นมา นั้นมีประสิทธิภาพเพียงใดทำได้ 2 รูปแบบ

1. การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา นักเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา นักวัดและประเมินผล ผู้เชี่ยวชาญด้านวิดีโอทัศน์ โทรทัศน์ บุคคลเหล่านี้จะร่วมกันวิเคราะห์ในการปรับปรุงวิดีโอทัศน์ให้ดียิ่งขึ้น

2. การประเมินโดยการทดลอง โดยการนำวิดีโอทัศน์ที่ผลิตไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริง และวัดดูว่าบรรลุหรือผ่านวัตถุประสงค์ที่ได้วางไว้ การประเมินผลแบบนี้ต้องอาศัยแบบทดสอบร่วมด้วย

นอกจากนี้ ผู้ประเมินควรไปร่วมชมวิดีโอทัศน์กับกลุ่มเป้าหมายด้วย สังเกตปฏิกริยา ความสนใจ ความเบื่อหน่ายต่อรายการ การพูดคุยอย่างไม่เป็นทางการ ถามถึงสิ่งที่ได้รับจากการชม ความเข้าใจต่อสิ่งนั้นในทุกแง่มุม จะทำให้การประเมินผลนั้นสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในการชมวิดีโอทัศน์เพื่อการเรียนการสอนนั้นจะได้รับประโยชน์จากการชมดังนี้

1. สามารถแสดงการเคลื่อนไหวของสิ่งต่างๆที่ผู้สอนไม่สามารถแสดงหรือนำของจริงมาให้ชมได้ เช่น สิ่งที่มีการเคลื่อนไหวภายใน อาทิ การเต้นของหัวใจ การหมุนเวียนของโลหิต การย่อยอาหาร ฯลฯ สิ่งที่มีการเคลื่อนไหวซ้ำเกินไป อาทิ การบานของดอกไม้ การหยั่งรากของต้นไม้ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ด้วยเทคนิคการถ่ายทำแบบ time-lapse สิ่งที่มีการเคลื่อนไหวเร็วเกินกว่าตาจะดูได้ทัน อาทิ การเคลื่อนที่ของลูกปืนขณะยิง หรือการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อขณะวิ่ง จะแสดงให้เห็นได้ด้วยเทคนิคการถ่ายทำแบบ slow motion แสดงความสัมพันธ์เกี่ยวโยงของสิ่งต่างๆที่ต่อเนื่องกัน อาทิ วงจรชีวิตของพืชหรือเหตุการณ์ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน

2. ช่วยในการเรียนการสอนเป็นจริงขึ้นเพราะสามารถบันทึกหรือถ่ายทอดเหตุการณ์ในที่ห่างไกลมาให้ชมได้

3. ช่วยในการถ่ายทอดนามธรรมไปสู่รูปธรรม ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนได้ดีขึ้นเมื่อเห็นสภาพการณ์หรือสิ่งต่างๆ หลังจากฟังการบรรยายของผู้สอน

4. ใช้ได้กับการเรียนทุกประเภท เช่น การสร้างทักษะในการเคลื่อนไหว ตลอดจนการสร้างเสริมทัศนคติ ความคิด ความเข้าใจต่างๆ

5. เป็นสื่อการสอนที่ช่วยประหยัดเวลา สามารถใช้สอนเนื้อหาให้ผู้เรียนเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว และเข้าใจง่ายกว่าการบรรยาย

6. ช่วยสร้างประสบการณ์ร่วมกันแก่ผู้เรียนเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องอย่างเดียวกันเพื่อเป็นแนวทางในการอภิปรายหรือตัดสินปัญหาที่เกิดขึ้น

7. ช่วยให้ผู้เรียนที่ช้าสามารถเรียนได้ทันผู้อื่น เนื่องจากได้ชมภาพเนื้อหาและเสียงประกอบคำอธิบายด้วย

8. เป็นจุดรวมความสนใจของผู้เรียนเพื่อให้มีความสนใจในสิ่งที่ชมร่วมกัน

9. สามารถเลือกดูภาพตามต้องการได้ โดยการบังคับแถบวิดิทัศน์ให้เลื่อนหน้าหรือถอยหลัง ดูภาพซ้ำ หรือหยุดดูเฉพาะภาพได้ แต่ภาพที่หยุดดูจะไม่คมชัดเท่าที่ควร

10. เครื่องเล่นวิดิทัศน์บางเครื่องสามารถปรับภาพให้ขยายใหญ่เพื่อดูให้ชัดเจนมากขึ้น

11. การบันทึกวิดิทัศน์เพื่อใช้เป็นบทเรียนนั้น สามารถทำได้ในห้องสตูดิโอ หรือภายในห้องปฏิบัติการที่สามารถตัดต่อส่วนที่ไม่ต้องการ หรือเพิ่มเติมส่วนใหม่ได้

12. เปิดโอกาสให้ผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบใหม่ๆ เพื่อบูรณาการการสอนทั้งแบบบูรณาการในวิชาเดียวกันและบูรณาการระหว่างวิชา

13. เพิ่มความสนุกและน่าสนใจของเนื้อหาบทเรียนด้วยการใช้คอมพิวเตอร์กราฟิกทั้งแบบภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว

วิดิทัศน์เสริมความรู้ที่สร้างขึ้นเสริมศักยภาพการเรียนการสอน เป็นวิดิทัศน์ที่ประกอบด้วย เนื้อหาที่ตอกเน้นให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญในส่วนต่างๆ ได้มีการใช้ การชี้แนะ (Cuing) เช่น เทคนิคและกลวิธีต่างๆ ในการปฏิบัติ (Trick & Tip) ซึ่งช่วยถ่ายทอดนามธรรมไปสู่ความเป็นรูปธรรม ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนได้ดีขึ้น เมื่อเห็นสภาพการณ์หรือสิ่งต่างๆ เหล่านี้แล้ว และยังสร้างเสริมทัศนคติและความคิดความเข้าใจต่างๆ รวมทั้งประหยัดเวลาอย่างมากในการช่วยให้ผู้เรียนช้าสามารถเรียนทันผู้เรียนคนอื่นได้ เพราะได้มองภาพเนื้อหาและเสียงประกอบคำบรรยายช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาอย่างรวดเร็วลึกซึ้ง

2. Argumentation Tools มี 2 ชนิด คือ

1 เครื่องมือที่นำไปใช้ในการช่วยเหลือด้านต่างๆ เช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การเขียน และกิจกรรมการแพทย์ต่างๆ (งานยาเวชภัณฑ์ซึ่งเก็บไว้เฉพาะห้องที่ งานเคลื่อนย้ายเครื่องมือแพทย์บางชนิด เป็นต้น)

2 เครื่องมือที่ใช้ในการประชุมอภิปราย แสดงความคิดเห็น กล่าวสรุป ใช้ในการสนทนาต่างๆ เป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์กับสมาชิกร่วมทีม รวมทั้งสนับสนุนการอภิปรายเป็นกลุ่มใหญ่

2.1 Interactive white board เป็นชนิดหนึ่งของ Argumentation tools ที่ใช้เทคโนโลยีสนับสนุน โดยใช้เครือข่าย laptop เชื่อมต่อกับ Interactive white board สามารถแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นในกลุ่มย่อย ข้อเสนอแนะ และข้อทักท้วงในกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อนอีก 2 กลุ่ม เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ (CSCL) จะออกแบบและรวมเข้าไว้ใน Interactive white board เพื่อ

สนับสนุนการร่วมมือในการแก้ปัญหา และเป็นเครื่องมือที่มีการแบ่งเป็นภาพให้เห็นชัดเจน และการอภิปรายโต้แย้งหาเหตุผลมาสนับสนุนความร่วมมือในการแก้ปัญหา

2.2 Collaborative Argumentation tools เป็นเครื่องมือที่ใช้สังเกตการกระทำของนักเรียนในการอธิบายประกอบ ให้คำวิจารณ์ แนะนำ ให้เลือกตัดสินใจที่จะเรียกให้บุคคลอื่นมาช่วย (oncall) และเป็นเครื่องช่วยเสริมศักยภาพในการตัดสินใจในการอภิปรายถึงจุดประสงค์ในการทำงาน ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในความคิดรวบยอดขั้นสูง และทักษะการรู้คิดของตนเอง (Metacognition skills) Resta (1995) และ Mc Alpine (2000)

2.3 Web board กระดานสนทนา เป็นเทคโนโลยีที่ใช้เป็นเครื่องมือสื่อสารที่เป็นการสนทนาในมิติที่ต่างเวลา ไม่จำเป็นต้องใช้งานในเวลาเดียวกัน มีการเขียนข้อความประกาศ การตั้งกระทู้คำถาม การโต้ตอบด้วยการอภิปราย แสดงความคิดเห็น และติดต่อสื่อสารระหว่างสมาชิกภายใต้หัวข้อเรื่องต่างๆ โดยแสดงผลตามลำดับเวลาก่อนหลังของการเขียนตอบ การใช้เครื่องมือนี้ช่วยทำให้มีพื้นที่ในการอภิปรายแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนระหว่างสมาชิกในกลุ่มมากขึ้น และมีข้อมูลที่เป็นหลักฐานการทำงานร่วมกันได้อย่างชัดเจน ซึ่งทำให้ผู้สอนสามารถใช้ประเมินการทำงานและกระบวนการได้เป็นอย่างดี (ปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ, 2552)

2.4 Blog (บล็อก) หมายถึงเทคโนโลยีที่เป็นเครื่องมือสื่อสาร ที่เอื้อต่อการสร้างความรู้ด้วยตนเองและเครือข่ายสมาชิก เป็นบันทึกการเรียนรู้ด้วยตนเองทั้งเรื่องส่วนตัวและเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและเผยแพร่ผลงานผ่านเว็บที่อยู่ในรูปของภาพ เสียงสามารถแบ่งปันและเผยแพร่สารสนเทศไปยังกลุ่มเครือข่ายได้โดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นสามารถทำได้ในรูปของข้อความ (Text) ภาพ (Image) คลิปวิดีโอ (Video clip) คลิปเสียง (Audio clip) ซึ่งจะเรียงลำดับวันและเวลาในกาเข้าถึงจากการเผยแพร่ อัปโหลด และให้ข้อมูลย้อนกลับโดยแสดงข้อมูลล่าสุดไว้แรกสุด และมีจุดเด่นในการให้เจ้าของบล็อกสามารถกำหนดระดับการเผยแพร่สารสนเทศได้ (ปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ, 2552) ถือเป็นกาเปิดโลกทัศน์ให้กว้างขึ้น

2.5 E-Mail (Electronic Mail) เป็นเครื่องมือสำหรับการเขียนข้อความเหมือนการเขียนจดหมายโต้ตอบ ซึ่งจะต้องทราบที่อยู่ของผู้ส่ง คือบัญชีไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail address) ช่วยลดข้อจำกัดของเวลาและสถานที่ที่แตกต่างกันเป็นการสื่อสารแบบไม่ประสานเวลาหรือเป็นกลุ่มเล็กหรือกลุ่มใหญ่ได้ นอกจากนี้ยังสามารถสำเนาสารและส่งต่อไปได้อย่างรวดเร็ว การส่งสารด้วยเครื่องมือนี้เอื้อต่อการส่งข้อความและการแนบไฟล์ลักษณะต่างๆ เช่น ภาพ เสียง และวิดีโอ รวมทั้งการส่งปฏิทินกำหนดต่างๆ (ปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ, 2552)

การสื่อสารรายบุคคลที่ใช้ติดต่อกับผู้อื่นที่เป็นส่วนตัวหรือสาธารณะ ส่งข่าวสารระหว่างกัน เป็นการใช้งานในการรับและส่งข้อความ เป็นระบบที่บุคคลส่งและรับข้อความระหว่างกันโดยผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์โมเด็ม และข่ายงานที่เชื่อมโยงกัน ข้อมูลที่ส่งเป็นได้ทั้งตัวอักษร ภาพถ่าย ภาพกราฟิก และเสียง สามารถส่งไปยังผู้รับคนเดียวหรือหลายคนพร้อมๆ กันได้ และยังสามารส่งทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นระบบของการเชื่อมโยงข่ายงานคอมพิวเตอร์ที่กว้างขวางทั่วโลกช่วยในการรับและส่งข้อความทาง E-Mail หรือ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์เป็นไปด้วยความสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

4.1.2. แบ่งตามเวลาและสถานที่
 คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือแบ่งตามเวลาและสถานที่ได้ดังนี้ Resta (1995)

ตารางที่ 2 คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเวลาและสถานที่

	Synchronous	Asynchronous
Face to Face	เวลาเดียวกัน สถานที่เดียวกัน (Same Time Same Place)	ต่างเวลา สถานที่เดียวกัน (Different Time Same Place)
Remote	เวลาเดียวกัน ต่างสถานที่ (Same Time Different Place)	ต่างเวลา ต่างสถานที่ (Different Time Different Place)

1. เวลาเดียวกัน สถานที่เดียวกัน (Same Time Same Place) เช่น การเรียนในห้องเรียนปกติ การประชุม
2. ต่างเวลา ต่างสถานที่ (Different Time Different Place) เช่น การประชุมทางคอมพิวเตอร์ที่เป็นต่างเวลากัน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ และกระดานข่าว
3. เวลาเดียวกัน ต่างสถานที่ (Same Time Different Place) เช่น การใช้โทรศัพท์การประชุมทางคอมพิวเตอร์ในเวลาเดียวกัน มีทั้งภาพ เสียง และข้อมูล การส่งข้อความที่เป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน
4. ต่างเวลา สถานที่เดียวกัน (Different Time Same Place) การเรียนในศูนย์การเรียน การเรียนในห้องทดลอง

4.2 ประโยชน์ที่ได้จากการใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ

การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือมีประโยชน์ที่ดังนี้ (Resta, 1995)

1. คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เก่าเพื่อนำมาใช้ในสภาพแวดล้อมใหม่ ช่วยในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์จริง เป็นแนวคิดหนึ่งที่นำกลุ่มผู้เรียนมาทำงานและเรียนรู้ร่วมกันผ่านเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์
2. ช่วยลดข้อจำกัดเรื่องเวลาและสถานที่
3. ช่วยขจัดปัญหาเรื่องของความจำมนุษย์ที่มีอยู่อย่างจำกัด

การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นการใช้เครื่องมือต่างๆ มาสนับสนุนร่วมมือในการแก้ปัญหา และเป็นเครื่องช่วยเสริมศักยภาพในการตัดสินใจ การอภิปรายถึงจุดประสงค์การทำงาน ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในความคิดรวบยอดขั้นสูง และทักษะการรู้จักคิดของตนเอง เครื่องมือเหล่านี้ได้แก่ วิดีทัศน์ บล็อกกลุ่ม เว็บบอร์ด อีเมลล์ ผังงาน (Flow chart) และผังความคิด (Mind mapping) เป็นต้น ซึ่งนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เพื่อเป็นเครื่องมือในการช่วยเสริมศักยภาพเพื่อให้เกิดการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้อย่างต่อเนื่อง

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ

อมรรัตน์ เฉยงาม (2550) ทำวิจัยเรื่องการศึกษากระบวนการเมตาคognitionขึ้นผ่านการสื่อสารด้วยเว็บล็อกในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลักของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยเกี่ยวกับการใช้เว็บล็อกพบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านเว็บล็อกออกเป็น 4 ด้านคือ 1) ด้านทัศนคติในการใช้เว็บล็อกนักเรียนเห็นว่าการใช้เว็บล็อกเป็นสิ่งที่มีความประโยชน์และทำให้เป็นคนทันสมัย 2) ด้านแรงจูงใจการใช้เว็บล็อกที่มีผลต่อการศึกษาพบว่า การเขียนสะท้อนความคิดในเว็บล็อกมีผลต่อแรงจูงใจภายในของนักเรียนทำให้นักเรียนรู้สึกมีส่วนร่วมในการเรียนอย่างต่อเนื่องและทำให้มีกระบวนการทำงานที่เป็นระบบ และเป็นแรงจูงใจภายนอกที่น่าสนใจและดึงดูดใจทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำงานเพิ่มขึ้น 3) ด้านความคิดเห็นที่มีต่อการใช้เว็บล็อกเขียนสะท้อนความคิดในการเรียนรู้ พบว่า เป็นช่องทางในการรับรู้ความคิดเห็นของผู้อื่นและเป็นการบันทึกและวิเคราะห์การทำงานของตนเองช่วยทบทวนการทำงานในแต่ละสัปดาห์และเป็นช่องทางการสื่อสารสำหรับแลกเปลี่ยนความคิดเห็น 4) ด้านความคิดเห็นที่มีต่อลักษณะทั่วไปของเว็บล็อกแบ่งออกเป็น 3 ประเด็นสำคัญ ดังนี้ คือ 1) ช่วยเพิ่มช่องทางการสื่อสารและช่วยสร้างความสัมพันธ์ที่ระหว่างผู้สอนและเพื่อน 2) เป็นสื่อที่ให้ความบันเทิงและสนุกสนานต่อการทำงาน และ 3) เป็นสื่อที่ช่วยฝึกทักษะด้าน HTML และการตกแต่งสร้างสรรค์เว็บล็อกของตนเอง

ปราวีณา สุวรรณณัฐโชติ (2552) ใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้ร่วมกันในวิชาการถ่ายภาพ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เทคนิคการถ่ายภาพ ใช้เรียนเวลา 4-5 สัปดาห์ กำหนดให้ผู้เรียนใช้บล็อกแบ่งปันและแลกเปลี่ยนภาพเป็นรายบุคคลและสร้างเครือข่ายภายในระหว่างเพื่อนร่วมชั้นเรียนและเชื่อมโยงกับบล็อกของผู้สอนซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงไปยังบล็อกของผู้เรียนรุ่นพี่ที่เป็นเครือข่ายเดิมของผู้สอนเดิมอยู่แล้วได้ด้วย เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างเครือข่ายที่เพิ่มมากขึ้น อันเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับสารสนเทศและข้อมูลป้อนกลับจากสมาชิกคนอื่นๆ ในเครือข่ายมากขึ้นด้วย

Wasson (1998) พบว่า การเรียนที่นำรูปแบบคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้มาใช้อย่างร่วมมือมาใช้นี้ ส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบทเรียนได้อย่างลึกซึ้ง อีกทั้งยังเพิ่มระยะเวลาในการจดจำเนื้อหาต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้รูปแบบการเรียนคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้มาใช้อย่างร่วมมือจะจัดสภาพการเรียนโดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ยังช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นนักคิด (Thinkers) มีความกระตือรือร้นในการเรียน (Active Learners) เพื่อที่จะบรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายทางการเรียนการสอนในวิชานั้น

Mc Alpine (2000) ได้ศึกษาโดยนำการเรียนการสอนแบบออนไลน์เข้ามาใช้ร่วมกับวิธีการเรียนรู้ร่วมกันของนิสิตบัณฑิตศึกษา เพิ่มทักษะการคิดวิเคราะห์ การติดต่อสื่อสาร การทำงานร่วมกันเป็นทีม ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความรู้สึกที่ดีต่อการทำงานร่วมกันโดยเฉพาะการได้เรียนรู้ข้อมูลจากผู้เรียนคนอื่นและเห็นว่าเป็นข้อมูลที่มีคุณค่า ทำให้เกิดความเข้าใจในการเรียนเพิ่มขึ้น แต่บางส่วนเห็นว่า การอภิปรายบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์มีความไม่เป็นธรรมชาติ ควรใช้โทรศัพท์ในการ

สื่อสารมากกว่า ในประเด็นการรับรู้ ความเข้าใจของผู้เรียน การพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหา การใช้ประสบการณ์และความรู้ในการทำงานที่มอบหมาย ผู้เรียนส่วนใหญ่ค่อนข้างเห็นด้วยว่าตนเองมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นและได้รับประโยชน์ แต่ไม่ค่อยมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันจะสนทนาเฉพาะในเรื่องงานที่ได้รับมอบหมายและยุติการสนทนาภายในระยะเวลาอันสั้น

Shell (2005) ได้ศึกษาผลที่ตามมาจากความตั้งใจของผู้สอนที่จะพัฒนาชุมชนคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้อย่างร่วมมือให้เกิดขึ้นในห้องเรียนของสองโรงเรียน โดยศึกษาในเรื่องการสร้างความรู้ของผู้เรียน และการรับรู้สภาพแวดล้อมในการเรียน กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 746 คน ในภาคเรียนที่ 1 และจำนวน 317 คน ในภาคเรียนที่ 2 รวมทั้งสิ้น 1063 คน มีผู้สอน 8 คน ส่วนอีกโรงเรียนหนึ่งเป็นผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 946 คน มีผู้สอน 18 คน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่เข้าร่วมในชุมชนคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้อย่างร่วมมือ มีเป้าหมายในการเรียนเป็นอย่างดี การปฏิบัติที่สนับสนุนชุมชนคอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้อย่างร่วมมือสามารถช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนดีขึ้น และยังสามารถช่วยพัฒนาความรู้และความเข้าใจในการเรียนรู้ร่วมกันได้ในสภาพห้องเรียนปกติ

Salovaara (2005) ศึกษาการใช้ Cognitive learning strategies ในการเรียนแบบสืบสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งมีกระบวนการดังนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับการรู้คิด (cognitive activity) การกำกับตนเอง (self-regulation) และการจูงใจ (motivation) จากนั้นนำมาจำแนกประเภทเพื่อวิเคราะห์กลยุทธ์การเรียนรู้ทางพุทธิปัญญา (cognitive learning strategies) และการคิดกำกับตนเอง (cognitive self-regulation) โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ผู้เรียนที่เข้าร่วมในการเรียนแบบสืบสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ 18 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ 8 คน ในระยะเวลา 3 ปี จะมีการสัมภาษณ์ 6-8 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่าในกลุ่มแรกจะมีการรับรู้ และเข้าใจในเรื่อง monitoring, creating representations และแลกเปลี่ยนสารสนเทศร่วมกันได้ลึกซึ้งกว่า ในขณะที่กลุ่มที่สองมีความเข้าใจในระดับพื้นฐาน และเลือกใช้เครื่องมือที่ไม่มีความซับซ้อนมากนัก สรุปได้ว่าคุณสมบัติของการเรียนแบบสืบสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือสามารถช่วยให้ผู้เรียนมีกลยุทธ์การเรียนรู้ทางพุทธิปัญญา และการคิดกำกับตนเองเพื่อการเรียนรู้

จากการศึกษางานวิจัยพบว่าการใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือส่งผลต่อตัวแปรตามดังนี้ ความลึกซึ้งในการเข้าใจบทเรียนของผู้เรียน ระยะเวลาในการจดจำเนื้อหาบทเรียน ความกระตือรือร้นในการเรียน ผลสัมฤทธิ์ในการเรียน การกำกับตนเองเพื่อการเรียนรู้ และทัศนคติเสริมความรู้จะเผยแพร่ได้ดีต้องขึ้นอยู่กับเว็บที่เชื่อมโยงบนเครือข่ายสามารถเรียนได้ทุกที่ทุกเวลา

5. การเรียนการสอนบนเว็บ (Web-based Instruction)

5.1 ความหมายการเรียนการสอนบนเว็บ

Colleen (1966) ให้ความหมายว่า การเรียนการสอนผ่านเว็บเป็นสื่อใหม่ ซึ่งรวมเอาคุณสมบัติไฮเปอร์มีเดียซึ่งประกอบด้วยข้อความ เสียง วิดีโอ ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว เป็นการสอนรายบุคคลโดยผ่านเครือข่าย การออกแบบการสอนต้องใช้หลักทฤษฎีเพื่อการออกแบบเพื่อให้เกิดประโยชน์ทางการศึกษาแก่ผู้เรียน

Khan (1997) ให้ความหมายของการเรียนการสอนผ่านเว็บไว้ว่า หมายถึง โปรแกรมการเรียนการสอนในรูปแบบของไฮเปอร์มีเดียที่นำคุณลักษณะและทรัพยากรต่างๆ ของอินเทอร์เน็ตมาสร้างให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้ในทุกทาง

Driscoll (1997) ให้ความหมายว่า การเรียนการสอนผ่านเว็บเป็นการใช้ทักษะหรือความรู้ต่างๆ ถ่ายโยงไปสู่ที่ใดที่หนึ่งโดยการใช้เว็ลด์ไวต์เว็บเป็นช่องทางในการเผยแพร่ความรู้

Parson (1997) ให้ความหมายว่า เป็นการสอนที่นำเอาสิ่งที่ต้องการส่งให้บางส่วนหรือทั้งหมดโดยอาศัยเว็บ โดยการเรียนการสอนผ่านเว็บสามารถกระทำได้ในหลากหลายรูปแบบและหลากหลายขอบเขตที่เชื่อมโยงถึงกัน ทั้งการเชื่อมต่อบทเรียน วัสดุช่วยการเรียนรู้ และการศึกษาทางไกล

Relan and Gillani (1997) ให้ความหมายว่า การเรียนการสอนผ่านเว็บเป็นการกระทำของคณะหนึ่งในการเตรียมการคิดกลวิธีการสอนโดยกลุ่มคอนสตรัคติวิซิม และการเรียนรู้ในสถานการณ์ร่วมมือกัน โดยใช้ประโยชน์จากคุณลักษณะและทรัพยากรในเว็ลด์ไวต์เว็บ

กิดานันท์ มลิทอง (2548) กล่าวว่า การเรียนการสอนบนเว็บเป็นการใช้เว็บทั้งในลักษณะรายวิชาเอกเทศ และวิชาใช้เว็บเสริม โดยเนื้อหาและทรัพยากรทั้งหมดของวิชานั้นจะมีการนำเสนอบนเว็บ รวมถึงการสื่อสารทั้งผู้สอนและผู้เรียนผ่านทางคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้การสอนบนเว็บสามารถใช้ได้ทั้งในระบบและนอกระบบโรงเรียน

วีระ ไทยพาณิชย์ (2551) ได้ให้ความหมายว่า การเรียนการสอนบนเว็บเป็นการบูรณาการกันระหว่างเทคโนโลยีปัจจุบันกับกระบวนการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนรู้และการแก้ปัญหา เรื่องข้อจำกัดทางด้านสถานที่และเวลา โดยการสอนบนเว็บจะประยุกต์ใช้คุณสมบัติและทรัพยากรของเว็ลด์ไวต์เว็บ ในการจัดการสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนการสอนซึ่งการเรียนการสอนที่จัดขึ้นผ่านเว็บนี้อาจเป็นบางส่วนหรือทั้งหมดของกระบวนการสอน

ดร.ณภาพ เพียรจัด (2551) การเรียนการสอนบนเว็บ หมายถึง การเรียนการสอนที่ใช้สื่อหลายมิติ เช่นไฮเปอร์มีเดีย รวมทั้งการนำโปรแกรมมัลติมีเดียมาเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอน โดยใช้คุณลักษณะบนอินเทอร์เน็ตและเว็ลด์ไวด์เว็บ ในการจัดสภาพการเรียนการสอน นักเรียนและครูสามารถปฏิบัติการในการเรียนการสอนได้ในทุกที่ทุกเวลา ส่งผลให้ไม่เกิดข้อจำกัดในการเรียนรู้ เหมือนกับการเรียนแบบในห้องปกติ และใช้ได้กับนักเรียนทุกระดับที่มีความสามารถด้านความรู้ เพราะการสอนถูกออกแบบบนพื้นฐานการออกแบบการเรียนรู้ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์หรือระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งการเรียนการสอนบนเว็บเป็นการเรียนที่จัดว่าทันสมัย เนื่องจากบทเรียนสามารถปรับปรุงพัฒนาเนื้อหาสาระได้รวดเร็วและทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

ใจทิพย์ ณ สงขลา (2553) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ ว่าเป็นการใช้คุณสมบัติไฮเปอร์มีเดียและคอมพิวเตอร์เครือข่าย ซึ่งรวมทั้งเครื่องมือสื่อสารในการสร้างสรรค์กิจกรรมการเรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้โดยผู้สอนไม่จำเป็นต้องอยู่พร้อมกัน ณ สถานที่เดียวกัน โดยเน้นการจัดการเรียนการสอนที่หวังผลการเรียนรู้เชิงวิชาการในรูปแบบต่างๆ

กล่าวโดยสรุปได้ว่าการเรียนการสอนผ่านเว็บ คือการเรียนการสอนโดยการนำคุณลักษณะของคอมพิวเตอร์และทรัพยากรบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตร่วมกับการออกแบบการสอนมาใช้ในการจัดสภาพแวดล้อมหรือกิจกรรมการเรียนการสอนเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนการสอนบนเว็บนี้อาจเป็นบางส่วนหรือทั้งหมดของกระบวนการเรียนการสอนก็ได้ นอกจากนี้ยังลดข้อจำกัดในด้านต่างๆ เช่น เวลา สถานที่ ผู้เรียนและผู้สอนสามารถปฏิบัติในด้านการเรียนการสอนได้ทุกที่ทุกเวลา

5.2 ลักษณะการเรียนการสอนบนเว็บ

Driscoll (1997) แบ่งลักษณะการเรียนการสอนผ่านเว็บออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. แบบที่เป็นข้อมูลอย่างเดียว (Text-only) เป็นลักษณะของการเรียนการสอนโดยอาศัยอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีข้อจำกัดบางอย่างในการเข้าถึงข้อมูล โดยมีลักษณะที่เป็นข้อความอย่างเดียว เช่น

- ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail-e-mail)
- กระดานข่าว (Bulletin Board)
- ห้องสนทนา (Chat Room)
- โปรแกรมดาวน์โหลด (Software downloading)

ทั้งหมดนี้เป็นการนำเครื่องมือที่มีอยู่ในระบบอินเทอร์เน็ตมาใช้ในการเรียนการสอนได้โดยไม่ต้องใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์มากนัก

2. แบบที่เป็นมัลติมีเดีย (Multimedia) เป็นอินเทอร์เน็ตเพื่อการเรียนการสอนที่มีโครงสร้างลักษณะเป็นกราฟิก สืบค้นข้อมูลโดยใช้ภาพในรูปแบบของเว็บ

การเรียนการสอนผ่านเว็บที่ต้องอาศัยบทบาทของอินเทอร์เน็ตเป็นสิ่งสำคัญ มีวิธีการใช้ใน 3 ลักษณะ ดังนี้ (Doherty, 1998)

2.1 การนำเสนอ (Presentation) เป็นไปในรูปแบบของเว็บไซต์ที่ประกอบไปด้วยข้อความและภาพกราฟิกที่สามารถนำเสนอได้อย่างเหมาะสมในลักษณะของสื่อคือ

- นำเสนอแบบสื่อทางเดียว เช่น เป็นข้อความ
- นำเสนอแบบสื่อคู่ เช่น เป็นข้อความกับภาพกราฟิก
- นำเสนอแบบมัลติมีเดีย เช่น ประกอบด้วยข้อความ ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว

เสียงและภาพยนตร์หรือวิดีโอ

2.2 การสื่อสาร (Communication) เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องใช้ชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญของอินเทอร์เน็ต โดยที่การสื่อสารทางอินเทอร์เน็ตจะมีหลายรูปแบบ เช่น

- การสื่อสารทางเดียวโดยการดูจากเว็บเพจ
- การสื่อสารสองทาง เช่น การส่ง e-mail หรือไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์โต้ตอบกัน
- การสื่อสารแบบหนึ่งแหล่งไปหลายที่เป็นการส่งข้อความจากแหล่งเดียว

แพร่กระจายไปหลายแหล่ง เช่น การประชุมทางคอมพิวเตอร์

- การสื่อสารแบบหลายแหล่งไปสู่หลายแหล่ง เช่น การใช้กระบวนการกลุ่มในการ

สื่อสารบนเว็บ

2.3 การทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ (Dynamic Interaction) เป็นการทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ในลักษณะต่อเนื่องซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญ 3 ประการคือ

- การสืบค้น
- การหาวิธีการเข้าสู่เว็บ
- การตอบสนองของมนุษย์ในการใช้เว็บ

Parson (1997) ได้แบ่งประเภทของการเรียนการสอนผ่านเว็บออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. การเรียนการสอนผ่านเว็บแบบรายวิชาอย่างเดี่ยว (Stand alone courses) เป็นรายวิชาที่มีเครื่องมือและแหล่งที่เข้าไปถึงและเข้าหาได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ตอย่างมากที่สุด ถ้าไม่มีการสื่อสารก็สามารถที่จะไปผ่านระบบคอมพิวเตอร์สื่อสารได้ (Computer Mediated Communication) การเรียนการสอนผ่านเว็บลักษณะนี้เป็นแบบวิทยาเขตมีนักศึกษาจำนวนมากที่เข้ามาใช้งานจริง และมีการส่งข้อมูลจากรายวิชาแบบทางไกล

2. การเรียนการสอนผ่านเว็บแบบสนับสนุนรายวิชา (Web supported courses) ได้รายวิชาที่มีลักษณะเป็นรูปธรรมที่มีการพบปะระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน มีการกำหนดงานที่ให้ทำบนเว็บ การกำหนดให้อ่าน การสื่อสารผ่านระบบคอมพิวเตอร์ หรือการมีเว็บที่สามารถใช้ตำแหน่งของพื้นที่ของเว็บไซต์รวมของกิจกรรมต่างๆ เอาไว้

3. การเรียนการสอนผ่านเว็บแบบศูนย์การศึกษา (Web pedagogical resources) เป็นเว็บไซต์ที่มีวัตถุประสงค์ เครื่องมือ ซึ่งสามารถรวบรวมรายวิชาขนาดใหญ่เข้าด้วยกัน เป็นแหล่งสนับสนุนทางการศึกษาซึ่งผู้ที่เข้ามาใช้สื่อให้เข้ามาใช้หลายรูปแบบ เช่น ข้อความ ภาพ การสื่อสารระหว่างบุคคล และการทำภาพเคลื่อนไหวต่างๆ เป็นต้น

นอกจากแบ่งประเภทการเรียนการสอนผ่านเว็บ ทางมหาวิทยาลัยแห่งรัฐอิลลินอยส์สรุปองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ ไว้ดังนี้

1. Web resource หรือแหล่งความรู้ต่างๆจากเว็บไซต์เว็บ องค์กรประกอบนี้ หมายถึง เนื้อหา บทเรียนบนเว็บที่ผู้สอนออกแบบและพัฒนาไว้ หรืออาจเป็นแหล่งข้อมูลจากเว็บอื่นๆ เกี่ยวข้องที่ผู้สอนแนะนำ หรือผู้เรียนอาจค้นคว้าได้ด้วยตนเองก็ได้ การศึกษาเนื้อหาบทเรียนบนเว็บ ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองในเวลาใดก็ได้ที่เหมาะสม

2. Offline หรือการเรียนการสอนอื่นๆ ที่ไม่ได้เกิดขึ้นบนเครือข่าย องค์กรประกอบนี้ถือว่าเป็น องค์กรประกอบที่มีความสำคัญเช่นเดียวกัน โดยที่ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นปกติ หรืออาจมอบหมายให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมจากตำรา เอกสารประกอบการสอน หรือสื่อสารการ สอนรูปแบบอื่นๆ เช่น CD-ROM หรือ CAI ซึ่งผู้เรียนสามารถศึกษาเนื้อหาต่างๆ นี้ได้ด้วยตนเอง ใน เวลาที่สะดวกเช่นเดียวกับการศึกษาจาก Web Resource

3. Homework หรือ Assignment เมื่อศึกษาเนื้อหาตามที่กำหนดแล้ว ผู้สอนมักจะ มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ทำหรือฝึกปฏิบัติ ซึ่งอาจจะเป็นงานรายบุคคล หรือกิจกรรมกลุ่มที่ต้อง ร่วมมือกันหรือช่วยกันทำได้ ขึ้นอยู่กับเนื้อหาและจุดประสงค์ของบทเรียน การมอบหมายงานนี้ อาจ เป็นกิจกรรมที่มอบหมายให้ผู้เรียนทำเป็นรายบุคคลหรืออาจเป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนร่วมกันทำเป็น กลุ่มก็ได้ หากเป็นกิจกรรมเดี่ยว ผู้เรียนแต่ละคนสามารถทำงานที่ได้รับมอบหมายในเวลาที่เหมาะสม ได้เอง และควรที่จะสามารถจัดส่งงานที่ได้รับมอบหมายผ่านทางอินเทอร์เน็ตให้ผู้สอนได้เอง แต่หาก เป็นกิจกรรมกลุ่มควรจะต้องมีการบริหาร จัดการ รูปแบบของการสื่อสารระหว่างผู้เรียนรูปแบบใด แบบหนึ่งขึ้น ซึ่งอาจทำได้ทั้งที่ต้องให้ผู้เรียนเข้าสู่ระบบเครือข่ายพร้อมๆ กัน (Synchronous หรือ Asynchronous)

4. Online Tests and Quizzes หรือแบบทดสอบออนไลน์เพื่อเป็นการประเมินความเข้าใจ เนื้อหาบทเรียน ผู้สอนสามารถประเมินความรู้ความสามารถของผู้เรียนรายบุคคลออนไลน์ผ่าน เว็บไซต์ได้ หลังจากให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาบทเรียนจนจบ นอกจากนั้นผู้สอนมักจะนำเสนอคำ เฉลยของแบบทดสอบเพื่อให้ผู้เรียนได้รับทราบผลการประเมินทันทีได้อีกด้วย

5. Discussion Forum การจัดการเรียนการสอนบนเว็บนั้น ผู้เรียนและผู้สอนจะต้องมีการ สื่อสารระหว่างกันโดยอาศัยอินเทอร์เน็ตเป็นเครื่องมือในการสื่อสาร เช่น การสื่อสารผ่านไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) การแลกเปลี่ยนหรือแสดงความคิดเห็นผ่านกระดานสนทนา (Web board) การจัดการประชุมสนทนาแบบประสานเวลาผ่านโปรแกรมสนทนา (Chat) เพื่อให้ผู้เรียนและผู้สอน สามารถสื่อสารกันได้ ทั้งนี้ ผู้สอนและผู้เรียนจะต้องกำหนดตารางและวิธีการสื่อสารอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้สอนได้รับทราบความคืบหน้าหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้

5.3 การจัดการเรียนการสอนบนเว็บ

การจัดการเรียนการสอนบนเว็บมีหลักการพื้นฐาน ดังนี้

1. ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ตลอดเวลา
2. ควรสนับสนุนให้มีการพัฒนาความร่วมมือระหว่างกลุ่มผู้เรียน
3. ควรสนับสนุนให้ผู้เรียนรู้จักแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (active learner)
4. ควรให้ผลย้อนกลับแก่ผู้เรียนทันทีทันใด
5. ควรสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนที่ไม่มีขีดจำกัด

แบ่งรูปแบบการจัดการเรียนการสอนบนเว็บได้เป็น 2 ระบบ คือ

1. Synchronous learning คือ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในเวลาเดียวกันพร้อมกัน เช่น การพูดคุยสนทนา (Chat) การรับส่งข้อความ ภาพ เสียง และภาพเคลื่อนไหว

2. Asynchronous learning คือ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ไม่จำเป็นต้องมีกิจกรรมในเวลาเดียวกัน เช่น กลุ่มสนทนา จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น และมีหลักการพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ (วิชุดา รัตนเพียร, 2542)

มีปัจจัยสนับสนุนในการจัดการเรียนการสอนบนเว็บดังต่อไปนี้

1. มีความพร้อมของเครื่องมือและทักษะการใช้งานเบื้องต้น
2. มีการสนับสนุนจากฝ่ายบริหารและผู้ใช้
3. เปลี่ยนพฤติกรรมผู้เรียนเป็นการเรียนรู้วิธีการเรียน (learning how to learn)
4. บทบาทของผู้สอนที่เอื้อต่อการเรียนการสอนที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง
5. สร้างความจำเป็นในการใช้ประโยชน์กิจกรรมบนเครือข่าย
6. ออกแบบการเรียนการสอนให้ใช้ประโยชน์จากเครือข่ายอย่างสูงสุดและเหมาะสม

(ใจทิพย์ ณ สงขลา, 2542)

ก่อให้เกิดคุณประโยชน์ดังนี้

1. การสอนบนเว็บยังเป็นการส่งเสริมให้เกิดความเท่าเทียมกันทางการศึกษา ผู้เรียนที่ศึกษาอยู่ในสถาบันการศึกษาในภูมิภาคหรือในประเทศหนึ่งสามารถที่จะศึกษา ถกเถียง อภิปราย กับอาจารย์ ครูผู้สอนซึ่งสอนอยู่ที่สถาบันการศึกษาในนครหลวงหรือในต่างประเทศก็ตาม

2. การสอนบนเว็บเป็นวิธีการเรียนการสอนที่มีศักยภาพ เนื่องจากที่เว็บได้กลายเป็นแหล่งค้นคว้าข้อมูลทางวิชาการรูปแบบใหม่ครอบคลุมสารสนเทศทั่วโลกโดยไม่จำกัดภาษา การสอนบนเว็บช่วยแก้ปัญหาของข้อจำกัดของแหล่งค้นคว้าแบบเดิมจากห้องสมุด

3. การสอนบนเว็บเอื้อให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ ซึ่งการเปิดปฏิสัมพันธ์นี้อาจทำได้ 2 รูปแบบ คือ ปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนด้วยกันและ/หรือผู้สอน ปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนในเนื้อหาหรือสื่อการสอนบนเว็บ ซึ่งลักษณะแรกนี้จะอยู่ในรูปของการเข้าไปพูดคุย พบปะ แลกเปลี่ยน ความคิดเห็นกัน ส่วนในลักษณะหลังนี้จะอยู่ในรูปของการเรียนการสอน แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบที่ผู้สอนได้จัดหาไว้ให้แก่ผู้เรียน

4. การสอนบนเว็บเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงผลงานของตน สู่สายตาผู้อื่น ถือเป็นการสร้างแรงจูงใจภายนอกในการเรียนอย่างหนึ่งสำหรับผู้เรียน ผู้เรียนนำมาพัฒนางานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น

5. การสอนบนเว็บเปิดโอกาสให้ผู้สอนปรับปรุงเนื้อหาหลักสูตร ให้ทันสมัยได้อย่างสะดวกสบายเนื่องจากข้อมูลบนเว็บมีลักษณะเป็นพลวัต (Dynamic) ดังนั้นการสอนบนเว็บสามารถนำเสนอเนื้อหาในรูปของมัลติมีเดีย ได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง เสียง ภาพเคลื่อนไหว วิดีทัศน์ ภาพ 3 มิติ โดยผู้สอนและผู้เรียนสามารถเลือกรูปแบบของการนำเสนอเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดทางการเรียน (ถนอมพร เลหาจรัสแสง, 2544)

คุณภาพของบทเรียนบนเว็บ ซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนการสอนบนเว็บจะมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบของการเรียนการสอนบนเว็บ

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ และการออกแบบและพัฒนาเว็บเพื่อการเรียนการสอน การออกแบบเว็บเพจนั้น เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ เพื่อช่วยให้การผลิตเว็บเพจสมบูรณ์และได้คุณภาพสูงสุด

5.4 ส่วนประกอบพื้นฐานของเว็บเพื่อการเรียนการสอน

McGreal (1997) กล่าวถึงส่วนประกอบพื้นฐานของเว็บเพื่อการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1. โฮมเพจ (Home Page) คือ หน้าแรกที่คุณเรียนเห็น ซึ่งมีสาระสั้นๆ เกี่ยวกับเว็บไซต์นั้นๆ หรือสถาบันนั้นๆ ที่ผู้เรียนควรทราบ มีขนาดไม่ใหญ่นักและมีความเร็วในการแสดงผลบนจอภาพ
2. คำแนะนำ (Introduction) เป็นการอธิบายโดยย่อเกี่ยวกับวิชา การเชื่อมโยงไปยังผู้ออกแบบ ที่อยู่อิเล็กทรอนิกส์ วันเวลาที่ปรับปรุง การเชื่อมโยงไปยังสาระของวิชาที่เรียน
3. แผนผังวิชา (Course Overview) เป็นการให้ภาพโครงสร้างของวิชา มีรายละเอียดเกี่ยวกับตารางการเรียน วัตถุประสงค์ทางการเรียนที่ชัดเจน
4. ข้อกำหนดของวิชา (Course Requirement) บอกรายการสื่อหนังสือ คู่มือ แหล่งการเรียน การเชื่อมโยงและเครื่องมืออื่นๆ
5. สารสนเทศที่จำเป็น (Vital Information) ที่อยู่ของผู้สอนที่สามารถส่งไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์พร้อมที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ โทรสาร ชั่วโมงทำงานบนออนไลน์ การเชื่อมโยงไปยังบริการอื่นๆ เช่น การลงทะเบียน การบริการ คำแนะนำ ห้องสมุด และนโยบายอื่นๆ ของสถาบัน
6. หน้าที่และความรับผิดชอบ (Role and Responsibility) สิ่งที่กำหนดให้ผู้เรียนรับผิดชอบ เช่น การส่งงาน แนวทางการประเมินผู้เรียน
7. การมอบหมายงาน (Assignments) แสดงรายการงานทั้งหมดที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ วันเวลา กำหนดส่ง และความก้าวหน้าของกิจกรรม
8. ตารางเรียน (Course Schedule) ปฏิทินการเรียนตลอดภาคการศึกษาแสดงสิ่งที่จะเกิดขึ้น ได้แก่ วันส่งงาน วันสอบย่อย วันสอบปลายภาค และกิจกรรมอื่นๆ
9. แหล่งข้อมูล (Resource) มีการเชื่อมโยงไปยังแหล่งข้อมูลในเว็บอื่นๆ ที่เกี่ยวกับวิชาที่เรียน
10. ตัวอย่างแบบทดสอบ (Sample Test) ทำหน้าที่เป็นตัวอย่างคำถามในแบบทดสอบ หรือ การเชื่อมโยงไปยังงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว
11. ประวัติบุคคล (Biography) มีประวัติสั้นๆ ของผู้สอนและผู้อื่นที่เกี่ยวข้อง อาจมีภาพและการเชื่อมโยงไปยังหลักสูตร รายละเอียดอื่นๆ ตามความเหมาะสม
12. การประเมินผลวิชาหรือโปรแกรม (Course or Program Evaluation) แบบสอบถามให้ผู้เรียนประเมินรายวิชา
13. ดัชนีและคำศัพท์ (Glossary and Index) หน้านี้จะมามีอภิธานศัพท์ คำศัพท์ใหม่ๆ ที่ใช้ในวิชาหรือสามารถค้นไปยังคำอธิบายเพิ่มเติมได้ เรียงลำดับคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องไว้ให้สืบค้นได้ง่าย
14. ส่วนการประชุม (Conference Area) เป็นที่สำหรับผู้เรียนและผู้สอนนัดพบกันบนออนไลน์ อภิปรายร่วมกัน ทั้งในการประชุมแบบพร้อมกันเวลาเดียวกัน (Synchronous) หรือแบบต่างเวลา (Asynchronous)

15. กระดานข่าว (Bulletin Board) ทำหน้าที่เตรียมไว้สำหรับติดข่าวและเปิดประเด็นปัญหาไว้เป็นที่สาธารณะให้ผู้อ่านทั่วไปทราบ

16. คำถาม (FAQ page) คำถามที่มีผู้ถามบ่อยๆ พร้อมคำตอบ ซึ่งผู้เรียนอาจมีคำถามเช่นเดียวกัน ก็สามารถค้นหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการได้

17. เรียนอย่างไร (How to Learn) เป็นการแนะนำวิธีการเรียนออนไลน์วิชานั้นๆ

การเรียนการสอนบนเว็บหมายถึง การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในระบบอินเทอร์เน็ตมาออกแบบจัดระเบียบการเรียนการสอน โดยนำบทเรียนบนเว็บและเครื่องมือที่ใช้ในการเรียนการสอน มาสนับสนุนในการเรียนรู้ที่มีความหมาย เชื่อมโยงเป็นเครือข่ายที่สามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา โดยอาศัยวิธีการต่างๆ ของอินเทอร์เน็ต ได้แก่ การนำเสนอ การสื่อสาร การทำให้มีปฏิสัมพันธ์ต่อเนือง ผู้สอนและผู้เรียนต้องมีการสื่อสารระหว่างกันโดยอาศัยอินเทอร์เน็ตเป็นเครื่องมือ เพื่อให้ทราบความคืบหน้าหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้

5.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการเรียนการสอนบนเว็บ

นิตยา โสริกุล (2547) ได้ศึกษาผลของการใช้การสอนแนะในการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษาบนเว็บที่มีต่อการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีรูปแบบการคิดต่างกัน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนจากบทเรียนกรณีศึกษาบนเว็บที่มีการสอนแนะและบทเรียนกรณีศึกษาบนเว็บที่ไม่มีการสอนแนะมีคะแนนการแก้ปัญหาไม่แตกต่างกันนักเรียนที่มีรูปแบบการคิดแบบฟิลด์ อินดิเพนเดนซ์ เมื่อเรียนด้วยกรณีศึกษาบนเว็บมีคะแนนการแก้ปัญหาสูงกว่าคะแนนการแก้ปัญหาของนักเรียนที่มีรูปแบบการคิดแบบฟิลด์ ดิเพนเดนซ์ นักเรียนที่มีรูปแบบการคิดต่างกัน เมื่อเรียนด้วยบทเรียนกรณีศึกษาบนเว็บที่มีการสอนแนะต่างกันมีคะแนนการแก้ปัญหาต่างกัน โดยนักเรียนที่มีรูปแบบการคิดแบบฟิลด์ ดิเพนเดนซ์ เมื่อเรียนด้วยบทเรียนกรณีศึกษาบนเว็บที่มีต่อการสอนแนะ มีคะแนนการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนกรณีศึกษาบนเว็บที่ไม่มีการสอนแนะ และนักเรียนที่มีรูปแบบการคิดแบบฟิลด์ อินดิเพนเดนซ์ เมื่อเรียนด้วยบทเรียนกรณีศึกษาบนเว็บที่ไม่มีการสอนแนะมีคะแนนการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนกรณีศึกษาบนเว็บที่มีการสอนแนะ

อรุณจัน บัณฑิตย์ (2550) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การนำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บด้วยกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ทรัพยากรเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดเชิงวิเคราะห์และการใช้สารสนเทศในการแก้ปัญหานักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ผลการวิจัยพบว่า 1. ผลการเปรียบเทียบกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ทรัพยากรเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักศึกษา พบว่านักศึกษามีพัฒนาการการคิดเชิงวิเคราะห์โดยใช้ทรัพยากรเป็นฐานสูงขึ้นก่อนการทดลอง 2. ผลการเปรียบเทียบการใช้สารสนเทศในการแก้ปัญหานักศึกษา มีการใช้สารสนเทศในการแก้ปัญหานักศึกษาสูงขึ้นก่อนการทดลอง

เสาวลักษณ์ รัตนชูวงศ์ (2551) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนแบบร่วมมือที่มีโครงสร้างต่างกันบนเว็บด้วยกระดานสนทนาที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 5 ที่มีบุคลิกภาพต่างกัน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1. นักเรียนที่เรียนแบบร่วมมือที่มีโครงสร้างมากด้วยกระดานสนทนาบนเว็บมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่เรียนบนเว็บที่มีโครงสร้างน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2. นักเรียนที่มีบุคลิกภาพแบบเก็บตัวเรียนด้วยกระดานสนทนาบนเว็บมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่มีบุคลิกภาพแบบแสดงตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3. ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีโครงสร้างต่างกันและบุคลิกภาพของนักเรียนที่ต่างกันด้วยกระดานสนทนาบนเว็บที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4. การแสดงความคิดเห็นรายครั้งของนักเรียนที่เรียนแบบร่วมมือที่มีโครงสร้างมากด้วยกระดานสนทนาบนเว็บมีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบร่วมมือที่มีโครงสร้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 5. การแสดงความคิดเห็นรายครั้งของนักเรียนที่เรียนแบบเก็บตัวที่เรียนแบบร่วมมือด้วยกระดานสนทนาบนเว็บมีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่มีบุคลิกภาพแบบแสดงตัวในครั้งที่ 4 และครั้งที่ 5 ของการแสดงความคิดเห็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 6. ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการแสดงความคิดเห็นรายครั้งของการเรียนแบบร่วมมือที่มีโครงสร้างต่างกันและบุคลิกภาพที่ต่างกันของนักเรียนที่เรียนด้วยกระดานสนทนาบนเว็บที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เขมณัฐ มิ่งศิริธรรม (2552) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้บนเว็บเชิงบูรณาการระหว่างการเรียนแบบร่วมมือกับการเรียนร่วมกันเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1. รูปแบบการเรียนรู้บนเว็บเชิงบูรณาการระหว่างการเรียนแบบร่วมมือกับการเรียนร่วมกันเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองประกอบด้วย 4 องค์ประกอบคือ 1) เนื้อหา 2) กิจกรรมและกระบวนการเรียนรู้ 3) แหล่งการเรียนรู้ และ 4) การประเมินผล และรูปแบบแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การเตรียมความพร้อมผู้เรียน ระยะที่ 2 การทดสอบ/การประเมินผลก่อนเรียน และระยะที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้ง 3 ระยะ แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ 1) การนำเสนอสถานการณ์ปัญหาบนเครือข่าย 2) ผู้เรียนร่วมกันกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ 3) ผู้เรียนร่วมกันวางแผนและแสวงหาคำตอบบนเครือข่าย 4) ผู้เรียนนำเสนอข้อค้นพบของกลุ่ม และ 5) การประเมินผลและสรุปแนวคิดที่ได้จากข้อค้นพบ 2. นักศึกษาปริญญาบัณฑิตที่เรียนตามรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนการนำตนเองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักศึกษามีความคิดเห็นว่าการเรียนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และ 3. ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ประเมินรูปแบบการเรียนรู้บนเว็บเชิงบูรณาการมีความคิดเห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

วรากร พรหมมณี และ จินตวีร์ คล้ายสังข์ (2555) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ : การวิเคราะห์ห่อภิมาณ โดยวิธีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) จากปัจจัยพื้นฐานที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ ทั้ง พุทธิพิสัย จิตพิสัย ทักษะพิสัย และการคิดขั้นสูง จากงานวิจัยทางการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ ตามคุณลักษณะด้านการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ แบ่งเป็น 3 ด้านได้แก่ ปัจจัยด้านศาสตร์การสอน ปัจจัยด้านเนื้อหาวิชา และปัจจัยด้านเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่า การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยขนาดอิทธิพลจากงานวิจัย มีต่อผล

การเรียนรู้โดยรวม ทั้ง พุทธิพิสัย จิตพิสัย ทักษะพิสัย และการคิดขั้นสูง จากการเรียนการสอนบนเว็บ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.77 ซึ่งมีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาารายด้าน พบว่า ปัจจัยด้านศาสตร์การสอนนิยมใช้รูปแบบตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ประกอบในการเรียนการสอนบนเว็บมากที่สุด ซึ่งมีอิทธิพลต่อการพัฒนาผลการเรียนรู้สูงมาก ด้านเนื้อหา พบว่า มีการใช้เนื้อหาวิชาในกลุ่มวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนบนเว็บมากที่สุด ซึ่งมีอิทธิพลต่อการพัฒนาผลการเรียนรู้สูง ด้านเทคโนโลยี ระบบการเรียนการสอน พบว่า มีการใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปในการสร้าง (Web Authoring tool) คือ Adobe Dreamweaver ในการจัดระบบการเรียนการสอนมากที่สุด ซึ่งมีอิทธิพลต่อการพัฒนาผลการเรียนรู้สูง ด้านเทคโนโลยีบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า มีการใช้เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-documents) ในการเรียนการสอนบนเว็บมากที่สุด มีอิทธิพลต่อการพัฒนาผลการเรียนรู้ค่อนข้างสูง ด้านเทคโนโลยีการติดต่อสื่อสาร พบว่า มีการใช้กระดานสนทนา (Web board) ในการเรียนการสอนบนเว็บมากที่สุด ซึ่งมีอิทธิพลต่อการพัฒนาผลการเรียนรู้ค่อนข้างสูง และเทคโนโลยีการประเมินผลการเรียนรู้ พบว่า มีการใช้แบบทดสอบออนไลน์ (online test/quiz) ในการเรียนการสอนบนเว็บมากที่สุด ซึ่งมีอิทธิพลต่อการพัฒนาผลการเรียนรู้ค่อนข้างสูง

กมลรัตน์ จำปาจันทร์ ไชยยศ เรืองสุวรรณ และ ไพฑูรย์ สุขศรีงาม (2556) ศึกษาผลการเรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสาน 2 รูปแบบ เรื่อง การสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่างกัน ผลการวิจัย พบว่า 1.บทเรียนบนเว็บแบบผสมผสาน 2 รูปแบบ ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์เพิ่มขึ้น และนักเรียนที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงที่ด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสาน แบบ 70 : 30 จะมีการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสาน แบบ 30 : 70 จึงควรสร้างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ให้กับผู้เรียน 2. การจัดการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสาน 2 รูปแบบ ต้องคำนึงถึงสภาพความเป็นจริง และความเป็นไปได้ของการจัดการเรียนการสอน และมีรูปแบบการผสมผสานในลักษณะอื่นๆ เพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียนให้สูงขึ้น

โดยสรุปการเรียนการสอนบนเว็บมีอิทธิพลต่อการพัฒนาผลการเรียนสูงรวมทั้งเพิ่มระดับการคิดวิเคราะห์และความคงทนในการเรียนรู้

6.การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking)

การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) เป็นทักษะทางปัญญาในระดับที่สูงขึ้นไปกว่าการเข้าใจและการประยุกต์ใช้ เป็นความสามารถในการแจกแจงเรื่องราวออกเป็นส่วนต่างๆ ทั้งในด้านองค์ประกอบ ความสัมพันธ์ หลักการโดยผ่านสื่อต่างๆ เป็นการสร้างความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนของข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจความคิด หรือความสัมพันธ์ของความคิดที่มีผู้ประสงค์จะสื่อความหมายให้ชัดเจน

6.1 ความหมายของการคิดวิเคราะห์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหมายของการคิดวิเคราะห์ มีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

Bloom (1956) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ ว่าเป็นการจำแนกข้อเท็จจริงออกเป็น ส่วนๆ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง ความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนและหลักการ

Bank (1985) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นความสามารถในการแยกแยะ ส่วนต่างๆ ของข้อมูลและเป็นการสร้างความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนของข้อมูล

Mayer. (2002) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ ไว้ว่า เป็นการแยกแยะข้อเท็จจริง ออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ และหาความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนประกอบและความสัมพันธ์ของ โครงสร้างทั้งหมด

Warner (2005) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นการแยกแยะส่วนประกอบ ออกเป็นส่วนๆ แล้วระบุความแตกต่างและความเหมือนของแต่ละส่วนประกอบย่อย เพื่อทำความเข้าใจในส่วนย่อยของสถานการณ์เกี่ยวกับหลักการทำงานหรือความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกัน

Watkins (2006) กล่าวถึง ทักษะการวิเคราะห์ เป็นการจำแนกความคิด มโนทัศน์ หรือข้อมูล ออกเป็นองค์ประกอบย่อย และหาความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบนั้น

นาตยา ภัทรแสงไทย (2525) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์เป็นทักษะทางปัญญาในระดับที่สูงขึ้นไปกว่าความเข้าใจและการประยุกต์ใช้ การคิดวิเคราะห์จะเน้นที่แยกแยะข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆ และพยายามมองหาว่าส่วนประกอบที่แยกย่อยมีความสัมพันธ์และจัดรวมกันอย่างไร

พิบูลศรี วาสนสมสิทธิ์ (2527) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ คือ การจำแนกแจงแกลงใน รายละเอียดของเรื่องราวเพื่อทำความเข้าใจความคิด หรือความสัมพันธ์ของความคิดที่มีผู้ประสงค์จะ สื่อความหมายให้ทราบชัด

บุญชม ศรีสะอาด (2537) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์เป็นความสามารถในการแยกแยะ เรื่องราวใดๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ ว่าสิ่งเหล่านี้ประกอบกันอยู่เช่นไร แต่ละอันคืออะไร มีความเกี่ยวพันกันอย่างไร อันใดสำคัญมากน้อยกว่ากัน

อรพรรณ พรสีมา (2543) ได้ให้ความหมายว่าของการคิดวิเคราะห์ เป็นทักษะการคิด ระดับกลาง ซึ่งจะต้องได้รับการพัฒนาต่อจากทักษะการคิดพื้นฐาน มีการพัฒนาแง่มุมของข้อมูล โดยรอบด้านเพื่อหาเหตุผลและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) เป็นทักษะทางปัญญาในระดับที่สูงขึ้นไปกว่าความเข้าใจและการประยุกต์ใช้ เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวใดๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ ทั้งในด้านขององค์ประกอบ ความสัมพันธ์ หลักการ โดยผ่านสื่อต่างๆ และเป็นการสร้างความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนของข้อมูล เพื่อทำความเข้าใจความคิด หรือความสัมพันธ์ของความคิดที่มีผู้ประสงค์จะสื่อความหมายให้ทราบชัด

6.2 ประเภทของการคิดวิเคราะห์

Bloom (1972) ได้แบ่งการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. การวิเคราะห์เนื้อหา ข้อมูลต่างๆ ที่ได้มานั้นสามารถแยกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ บางข้อความอาจเป็นความจริง บางข้อความเป็นความคิดเห็นของผู้เขียน ซึ่งการวิเคราะห์เนื้อหา ได้แก่

- 1.1 ความสามารถในการตระหนักรู้ซึ่งไม่กล่าวถึงข้อสันนิษฐาน
- 1.2 การแยกแยะความจริงออกจากสมมุติฐาน
- 1.3 ความสามารถในการจำแนกข้อเท็จจริงออกจากข้อมูลเบื้องต้น
- 1.4 การบอกถึงสิ่งจูงใจและการพิจารณาพฤติกรรมของบุคคลและกลุ่ม
- 1.5 ความสามารถในการแยกแยะข้อสรุปออกจากข้อความปลีกย่อย

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ผู้อ่านจะต้องมีทักษะในการเชื่อมต่อความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหลักกับส่วนอื่นๆ ได้ ทั้งความสัมพันธ์ของสมมุติฐาน ข้อสรุป รวมถึงชนิดของหลักฐานที่นำมาแสดงด้วย การวิเคราะห์ความสัมพันธ์สามารถแยกได้ดังนี้

- 2.1 ความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดในข้อความต่างๆ
- 2.2 ความสามารถในการระลึกเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ
- 2.3 ความสามารถในการแยกแยะความจริงหรือสมมุติฐานที่เป็นใจความสำคัญหรือข้อโต้แย้งที่นำมาสนับสนุนข้อความนั้น
- 2.4 ความสามารถในการตรวจสอบความเที่ยงของสมมุติฐาน
- 2.5 ความสามารถในการจำแนกความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลกระทบจากความสัมพันธ์

อื่นๆ

- 2.6 ความสามารถในการจำแนกข้อมูลที่ขัดแย้ง แบ่งแยกสิ่งที่ตรงและไม่ตรงกับข้อมูลได้
- 2.7 ความสามารถในการสืบหาความผิดปกติของข้อมูลตามหลักตรรกะ
- 2.8 ความสามารถในการสร้างความสัมพันธ์และแยกรายละเอียดที่สำคัญและไม่สำคัญในข้อมูลได้

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นการวิเคราะห์ระบบ โครงสร้าง และหลักการที่เกี่ยวข้อง ในการวิเคราะห์หลักการนี้จะต้องวิเคราะห์แนวคิด จุดประสงค์ และมโนทัศน์ ซึ่งการวิเคราะห์หลักการสามารถแยกได้ดังนี้

3.1 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในรายละเอียดของงาน ความสัมพันธ์ของข้อมูลและความหมายขององค์ประกอบต่างๆ

- 3.2 ความสามารถในการวิเคราะห์รูปแบบในการเขียน

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์จุดประสงค์ของผู้เขียน ความคิดเห็นของผู้เขียนและความรู้สึกที่มีต่องาน

3.4 ความสามารถในการวิเคราะห์หมโนทัศน์ของผู้เขียนในด้านต่างๆ

3.5 ความสามารถในการวิเคราะห์ส่วนที่เป็นโฆษณาชวนเชื่อ

3.6 ความสามารถในการวิเคราะห์แง่คิดหรือจุดที่เป็นอคติของผู้เขียน

Marzano and Kendall (2008) กล่าวถึงประเภทของการวิเคราะห์ไว้ 5 ประเภทดังนี้

1. การจับคู่ (Matching) เป็นการระบุความสัมพันธ์ในลักษณะของความเหมือนและความแตกต่างของข้อมูล

2. การจำแนก (Classifying) เป็นการจัดกระทำความรู้ใหม่ให้อยู่ในลักษณะของหมวดหมู่หรือประเภทต่างๆ อย่างมีความหมาย โดยอาศัยความสัมพันธ์ในลักษณะของ superordinate และ subordinate

3. การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน (Analyzing Errors) เป็นการระบุเหตุผล ตรรกะหรือความรู้ที่ถูกต้องแม่นยำเกี่ยวกับข้อมูลเพื่อพิจารณายอมรับหรือไม่ยอมรับข้อมูลนั้นๆ อย่างมีเหตุผล

4. การสร้างความรู้ใหม่ (Generalizing) เป็นกระบวนการสร้างความรู้หรือหลักการใหม่โดยอาศัยความรู้เดิมหรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกต

5. การระบุรายละเอียด (Specifying) เป็นการลำดับขั้นตอนของข้อมูล รวมถึงกระบวนการประยุกต์ความรู้หรือหลักการไปสู่สถานการณ์หรือปรากฏการณ์ใหม่

C. J. Carol, Joyce, and Sarah (2012) ได้แบ่งประเภทของการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 4 ประเภทไว้ในหนังสือ Keys to Success: Building Analytical, Creative, and Practical Skills, 7th Edition ดังนี้

1. จำแนกความคิด (separate the idea) เป็นการจำแนกความคิดหรือแนวคิดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่สนใจออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ

2. เปรียบเทียบความเหมือนและความต่าง (compare and contrast) พิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลในส่วนของความเหมือนและความแตกต่าง

3. พิจารณาหาเหตุและผล (examine cause and effect) พิจารณาหาเหตุผลที่สามารถเกิดขึ้นได้ เพื่ออธิบายสาเหตุและผลทั้งเชิงบวกและเชิงลบ

4. พิจารณารูปแบบ ลักษณะ และประเภท (look for themes, patterns, and categories) พิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ของความเชื่อมโยงของข้อมูลแต่ละส่วนรวมไปถึงแนวทางการความสัมพันธ์ของข้อมูลและประเภทของข้อมูลนั้นๆ

การคิดวิเคราะห์เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวออกเป็นส่วนๆ ย่อยๆ ทั้งในด้านหลักการ องค์ประกอบ หรือเนื้อหา และความสัมพันธ์ ซึ่งเป็นทักษะทางปัญญาในระดับที่สูงกว่าการเข้าใจ และการประยุกต์ใช้ โดยผ่านสื่อต่างๆ เช่น แผนที่ เทปบันทึก และเป็นการสร้างความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนของข้อมูล การคิดวิเคราะห์มีประโยชน์ในการค้นหาเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบ

ความถูกต้อง การคาดการณ์อนาคต ทำให้การวินิจฉัยมีเหตุมีผลที่น่าเชื่อถือ และช่วยแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัญหากับการคิดวิเคราะห์มักไปด้วยกัน ถ้าไม่มีปัญหาการคิดวิเคราะห์ยังไม่เกิดขึ้น เพราะการคิดวิเคราะห์จะหาเหตุผลที่ควรเชื่อถือได้มาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การคิดวิเคราะห์นำมาซึ่งแนวทางการแก้ปัญหา

6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์

อุบลวรรณ เสือเดช (2550) ทำการทดลองอิทธิพลกลุ่มเพื่อนที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า 1. การจัดกลุ่มนักเรียนโดยจำแนกตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมี 4 ระดับ คือ สูง ปานกลาง ต่ำ และคะแนน ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่งผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน และพบว่ากลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับสูงมีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างจากกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2. การจัดกลุ่มนักเรียนโดยจำแนกตามเพศ ซึ่งมี 3 ระดับ คือ เพศชาย เพศหญิง และคะแนน เพศ ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าเพศส่งผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน และพบว่ากลุ่มเพศชายมีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างจากกลุ่มเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3. ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเพศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเพศไม่ส่งผลร่วมกันต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

ปณิตา วรรณพิรุณ และปรัชญนันท์ นิลสุข (2554) ศึกษาผลของการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้เครื่องมือทางปัญญาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ระบบบริหารจัดการการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยใช้เครื่องมือทางปัญญา แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1. นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยใช้เครื่องมือทางปัญญามีคะแนนการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2. นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยใช้เครื่องมือทางปัญญา มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยใช้เครื่องมือทางปัญญา อยู่ในระดับมากที่สุด

7. การแก้ปัญหา (Problem-solving)

การแก้ปัญหาคือกระบวนการเรียนรู้ในระดับสูง ซึ่งมีความสำคัญต่อผู้เรียนเป็นอย่างมาก เพราะเป็นสิ่งที่ต้องปฏิบัติ และพบเห็นเป็นประจำในชีวิตของมนุษย์ คำว่า “ปัญหา” หมายถึงสถานการณ์ที่ยังยาก ไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ปัญหาจึงเปรียบเสมือนอุปสรรคที่เข้ามา

ขีดขวางการทำงาน จึงต้องมีการแก้ปัญหา เพื่อให้การทำงานผ่านพ้นอุปสรรคหรือปัญหานี้ไป ดังนั้น การแก้ปัญหาจึงเป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องเรียนรู้ได้ด้วยการค้นหาสิ่งที่ไม่รู้

7.1 ความหมายของการแก้ปัญหา

Good (1973) กล่าวว่า การแก้ปัญหามีความหมายถึง แบบแผนหรือวิธีดำเนินการในสภาวะที่บุคคล มีความลำบาก ด้วยวิธีการตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ตั้งสมมติฐานและเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อ ตรวจสอบสมมติฐานนั้นเป็นจริงหรือไม่

Chi and Glaser (1982) ให้ความหมายไว้ว่า การแก้ปัญหาคือเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความรู้ เฉพาะด้าน (domain-specific knowledge) และกลยุทธ์ทางปัญญา (cognitive strategies) เพื่อ เผชิญกับสถานการณ์ที่มีจุดหมายที่ชัดเจน แต่หนทางที่จะไปสู่จุดหมายยังไม่เกิดขึ้น

Bransford and Schwartz (1999) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาว่า เป็นการใช้ความคิดเพื่อสร้าง แบบจำลองจากเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหา เพื่อค้นหาคำตอบโดยใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์และกระบวนการแก้ปัญหาที่มีขั้นตอนแบบแผนด้วย

Llewellyn (2002) ได้กล่าวถึงความหมายของการแก้ปัญหาคือเป็นการนำความรู้ทาง วิทยาศาสตร์มาเสริมสร้าง ประดิษฐ์สิ่งต่างๆขึ้น โดยใช้ความสามารถทางทักษะ การให้เหตุผลทาง วิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา มีการสุ่มสอบความรู้พื้นฐานเพื่อนำไปสู่จุดเน้นที่สำคัญคือการออกแบบและ สร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์โดยมีเงื่อนไขต่างๆ กำกับการออกแบบและการสร้างสิ่งประดิษฐ์นั้น

Mayer (1992) กล่าวว่าปัญหา 2 ชนิด ประการแรกคือ ปัญหาที่มีโครงสร้างชัดเจน (well-structured) มักพบเมื่อจบบทเรียนในตำราและการสอนที่ต้องการใช้กฎเกณฑ์ทั่วไป และกฎหลักของ โครงสร้างที่ดี ที่ถูกจัดระเบียบไว้ เพื่อใช้ในการทำนายและชี้แนะ ประการที่สอง คือปัญหาที่มี โครงสร้างไม่ชัดเจน (ill-structured) เป็นปัญหาที่รวมเนื้อหาหลายๆ หลายอย่างเข้าด้วยกัน ไม่ได้มา จากเนื้อหาหลักที่เคยเรียนในห้องเรียน คำตอบในการแก้ปัญหาก็ไม่มีให้ไว้ หรือมีก็แก้ไม่ได้ทั้งหมด โดยทั่วไปถือว่า ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ชัดเจน (ill structured)

ดังนั้น การแก้ปัญหา หมายถึง กิจกรรมทางความคิดในการรวบรวม วิเคราะห์และตรวจสอบ ข้อมูลเพื่อตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหาเมื่อต้องเผชิญกับปัญหาหรือความยุ่งยากนั้น

7.2 กระบวนการในการแก้ปัญหา

กระบวนการในการแก้ปัญหา คือ การดำเนินการตามลำดับขั้นตอนของการคิด ตั้งแต่เริ่มเห็น ปัญหาจนสิ้นสุดการแก้ปัญหา นักการศึกษาหลายท่านได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหา ดังนี้

ตารางที่ 3 กระบวนการแก้ปัญหา

นักการศึกษา	ปี	กระบวนการแก้ปัญหา
Polya	1971	<ol style="list-style-type: none"> 1. การเข้าใจปัญหา ต้องทำความเข้าใจว่าสิ่งที่เราต้องค้นหา 2. การคิดวางแผนในการแก้ปัญหา เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่เราต้องการค้นหา 3. การดำเนินการตามแผน ในการลงมือแก้ปัญหานั้น 4. การตรวจสอบการดำเนินการ (Polya, 1971)
Wallas	1972	<ol style="list-style-type: none"> 1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหา เลือกปัญหา รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา 2. ขั้นฟักตัว (Incubation) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาหันความสนใจออกไปยังกิจกรรมอื่นๆ 3. ขั้นเกิดความคิด หรือขั้นเข้าใจปัญหา (Illumination) ผู้แก้ปัญหามีความคิด “แว็บ” ขึ้นมาในสมอง 4. ขั้นตรวจสอบ (Verification) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหา ตรวจสอบคำตอบของตนว่าสามารถใช้ได้หรือไม่ (Wallas, 1972)
Weir	1974	<ol style="list-style-type: none"> 1. ขั้นนำเสนอปัญหา 2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา 3. ขั้นเสนอวิธีการแก้ไขปัญหา 4. ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา (Weir, 1974)
Green	1975	<ol style="list-style-type: none"> 1. รู้ถึงปัญหา 2. รู้จักกฎเกณฑ์ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา 3. พบคำตอบที่ถูกต้องระหว่างการทำงาน 4. เลือกและประเมินการกระทำสำหรับการแก้ปัญหา 5. จัดปัญหาใหม่ หรือสร้างวิธีการในการแก้ปัญหาขึ้นใหม่ 6. ตระหนักว่ามีปัญหาอยู่ทั่วไป (Green, 1975)
Gick	1986	<ol style="list-style-type: none"> 1. การสร้างตัวแทนปัญหา โดยใช้การสร้างสัญลักษณ์ เพื่อให้เข้าใจปัญหาได้ดียิ่งขึ้น 2. การคิดวิธีการแก้ปัญหา เป็นการรวบรวมวิธีการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อนำไปสู่คำตอบ 3. การดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการปฏิบัติตามแผนและขั้นตอนที่กำหนดไว้ 4. การประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหา ว่ามุ่งไปสู่คำตอบ หรือเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ เป้าหมาย (Gick, 1986)
Krulik	1987	<ol style="list-style-type: none"> 1. การอ่านโจทย์ ประกอบด้วย การบันทึกคำสำคัญจากโจทย์ การอธิบายปัญหา 2. การสำรวจรายละเอียดของปัญหา 3. การเลือกวิธี เพื่อเตรียมการแก้ปัญหา 4. การลงมือแก้ปัญหา ประกอบด้วย การดำเนินการตามแผน การใช้ทักษะความรู้ที่มีอยู่ 5. การพิจารณาคำตอบ และการขยายผล (Krulik & Rudnik, 1987)
Llewellyn	2002	<ol style="list-style-type: none"> 1. ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข 2. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา 3. วิธีคิดแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ 4. เลือกและออกแบบกลยุทธ์ หรือวางแผนเพื่อแก้ปัญหา 5. ปฏิบัติตามแผนที่กำหนด 6. ประเมินและสื่อสาร เผยแพร่ผลการแก้ปัญหา (Llewellyn, 2002)
Fay	2006	<ol style="list-style-type: none"> 1. ระบุปัญหา 2. บรรยายถึงลักษณะพิเศษ หรือลักษณะเฉพาะของปัญหา 3. หาแนวทางแก้ปัญหาต่างๆ แล้วเลือกแนวทางที่ดีที่สุด 4. การย้อนกลับไปพิจารณาปัญหาอีกครั้ง (Fay, 2006)
กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ	2534	<ol style="list-style-type: none"> 1. กำหนดประเด็นปัญหาจากการสังเกตศึกษาข้อมูล 2. วิเคราะห์โดยการอภิปราย หรือแสดงความคิดเห็นเพื่อแยกแยะประเด็นปัญหา 3. สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาด้วยการตั้งสมมุติฐาน 4. ตรวจสอบสมมุติฐานด้วยการลงมือปฏิบัติ 5. สรุปผล สังเคราะห์ความรู้ด้วยตนเอง (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2534)

นักการศึกษา	ปี	กระบวนการแก้ปัญหา
สรวงศ์ ไคว้ตระกูล	2553	<ol style="list-style-type: none"> 1. มีประสบการณ์ด้วยตนเองว่าตนเองกำลังเผชิญกับปัญหาที่จะต้องแก้และมีความต้องการที่จะแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ 2. พยายามหาทางที่จะทราบให้แน่นอนว่าปัญหาที่ตนกำลังเผชิญอยู่คืออะไร โดยการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและให้คำจำกัดความของปัญหา (Defining the problem) 3. คิดตั้งสมมุติฐาน หาทางแก้ปัญหา 4. พิสูจน์ว่าสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นถูกหรือไม่ โดยการเก็บข้อมูล 5. สรุปผลและประเมินผล (สรวงศ์ ไคว้ตระกูล, 2553)

จากการศึกษากระบวนการแก้ปัญหานักการศึกษา สรุปได้ว่ามี 6 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข
- 2) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา
- 3) คิดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
- 4) วางแผนเพื่อแก้ปัญหา
- 5) ปฏิบัติตามแผนที่กำหนด
- 6) ประเมินผลการแก้ปัญหา

จากขั้นตอนของการแก้ปัญหาต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเห็นได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเริ่มตั้งแต่การเผชิญกับปัญหาไปจนถึงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นได้ในที่สุด ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นกระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้วิจัยพบว่าขั้นตอนการแก้ปัญหตามแนวคิดของเวียร์ (Weir, 1974) เหมาะสมกับงานวิจัยครั้งนี้ เพราะในขั้นของการแก้ปัญหานักเรียนต้องคิดวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยสนใจศึกษา จึงได้ใช้แนวคิดของเวียร์ (Weir, 1974) ดังนี้

1. การระบุประเด็นปัญหา
2. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา
3. การเสนอแนวทางการแก้ปัญหา
4. การตรวจสอบผลการแก้ปัญหา

เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบการแก้ปัญหาในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ และจะใช้ทดสอบความรู้หลังเรียนเพื่อดูความก้าวหน้าหลังจากจบการเรียนรู้ตามหน่วยต่างๆ แล้ว ซึ่งผู้วิจัยสร้างคำถามจากสถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและนำปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในการปฏิบัติงานมาใช้ด้วย

7.3 การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลย่อมแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสติปัญญาและทักษะต่างๆ การเรียนการสอนจึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนดีขึ้น การแก้ปัญหาเป็นเป้าหมายสำคัญของการศึกษาในทุกสาขา เป็นส่วนที่สำคัญและจำเป็นสำหรับการศึกษาในโรงเรียนทุกๆ ไป การแก้ปัญหาไม่ใช่เป็นส่วนหนึ่งเฉพาะการเรียนวิทยาศาสตร์เท่านั้น (Dressel, 1963) ครูควรสอนการแก้ปัญหาโดยตรงให้นักเรียน ซึ่งควรมีกิจกรรมการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนได้รู้จักคิด รู้จักพิสูจน์หาข้อสรุป และให้นักเรียนมองเห็นคุณค่าของการแก้ปัญหา (Goldstein, 1949) ถ้านักเรียนมีคุณสมบัติในการคิดหาเหตุผล เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหอย่างมีประสิทธิภาพ และปลูกฝังนิสัยในการใต้อถามเพื่อสืบสวนข้อเท็จจริง ย่อมสามารถนำคุณสมบัติเหล่านี้ไปใช้ในการแก้ปัญห่อื่นๆ ได้ (Carol, 2009) มี

นักวิชาการหลายท่านได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

Weir (1974) เสนอว่า การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้แก้ปัญหาได้ประสบความสำเร็จ เทคนิคในการแก้ไขปัญหามีสามารถช่วยให้นักเรียนตระหนักว่าการคิดเป็นทักษะที่สามารถพัฒนาได้ ถ้ารู้ว่าต้องทำอะไร เมื่อนักเรียนถูกท้าทายด้วยปัญหาจะนำไปสู่ความตื่นตัวทางความคิด ทราบถึงจุดแข็ง จุดอ่อน และกระบวนการคิดอันเป็นการสนองต่อความสำเร็จหรือล้มเหลวในการแก้ปัญหา

Festinger (1988) เสนอว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่จะต้องมีการฝึกฝนอยู่เสมอ การให้นักเรียนมีโอกาสฝึกฝนอยู่เสมอ ย่อมเป็นประโยชน์แก่นักเรียน วิธีการต่างๆ ที่ครูจะช่วยฝึกนักเรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหา มีดังนี้

1. ฝึกให้นักเรียนทำงานอยู่เสมอ การทำงานช่วยให้มีประสบการณ์เพิ่มมากขึ้นและช่วยให้มีแนวทางในการแก้ปัญหา

2. ฝึกให้นักเรียนมีการทดสอบอยู่เสมอ

3. ฝึกให้นักเรียนมีเหตุผลแก่ตนเอง

4. ฝึกให้รู้จักคิดแบบมีวิจารณ์ญาณ

สายหยุด สมประสงค์ (2523) กล่าวถึงการจัดสภาพการณ์ภายนอกต่างๆ เพื่อช่วยผู้เรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. จัดสถานการณ์ที่เป็นสถานการณ์ใหม่ๆ วิธีการแก้ปัญหาหลายๆ วิธี ให้ผู้เรียนได้ฝึกฝน

2. ปัญหาที่ผู้สอนหยิบยกมานั้น ควรเป็นปัญหาใหม่ที่ผู้เรียนยังไม่เคยประสบมาก่อน และควรเป็นปัญหาที่ไม่พ้นวิสัยของผู้เรียน

3. การฝึกแก้ปัญหา ผู้สอนควรแนะนำผู้เรียนตีปัญหาให้แตกก่อนว่าเป็นปัญหาเกี่ยวกับอะไร

4. การฝึกแก้ปัญหา ผู้สอนไม่ควรบอกวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ให้กับผู้เรียน

5. การจัดบรรยากาศการเรียนการสอนให้มีลักษณะเปลี่ยนแปลงได้ และสร้างความเป็นกันเองกับผู้เรียน

6. ให้โอกาสผู้เรียนได้คิดเสมอ

สำราญ วังนุราช (2542) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาดังนี้

1. สอนให้นักเรียนเข้าใจในความหมายและประเภทของการแก้ปัญหา

2. สอนให้นักเรียนเข้าใจเทคนิคการแก้ปัญหาแบบขั้นตอนเดียวและฝึกให้นักเรียนใช้เทคนิคดังกล่าว ได้แก่ การคิดถอยหลัง การทำปัญหาให้ง่ายลง การพิจารณาปัญหาโดยรวม การสร้างตารางหรือกราฟ การสร้างแบบจำลอง เป็นต้น

3. สอนให้นักเรียนเข้าใจในขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบหลายขั้นและฝึกให้ใช้ขั้นตอนดังกล่าวแก้ปัญหา ได้แก่ สำรวจปัญหา ระบุปัญหา หาแนวทางที่หลากหลาย เลือกทางที่คิดว่าดีที่สุด ออกแบบ

วิธีการและขั้นตอนในการแก้ปัญหา เลือกรูปแบบที่ดีที่สุดมาใช้ รวบรวมผล ตีความการแก้ปัญหา และประเมินผลการแก้ปัญหา

จากแนวทางการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา ควรจัดบรรยากาศที่เอื้อต่อการแก้ปัญหา มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยฝึกจากปัญหาง่ายๆ ไปสู่ปัญหาที่ซับซ้อน

7.4 เครื่องมือและการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548) ได้เสนอเครื่องมือและวิธีวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ 4 ประเภท มีรายละเอียดดังนี้

1. การสังเกต การสังเกตเป็นเครื่องมือที่ใช้ระหว่างการสอนของครูโดยสะท้อนความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ช่วยให้เห็นพัฒนาการด้านการคิดอย่างชัดเจน การสังเกตการแก้ปัญหามี 2 แบบ คือ การสังเกตแบบไม่ตั้งใจ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา และการสังเกตแบบตั้งใจ เป็นการสังเกตที่มีการสังเกตและบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีการจัดทำแบบสังเกตล่วงหน้า
2. การประเมินตนเอง คือการให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองเกี่ยวกับพฤติกรรมเรื่องการแก้ปัญหา เมื่อพบปัญหาอย่างหนึ่งอย่างใด ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นการรวบรวมการพัฒนาการการแก้ปัญหาของแต่ละคน
3. แบบสำรวจรายการ ใช้ประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเก็บข้อมูลที่เป็นกระบวนการที่แยกกระทำต่างๆ ไว้อย่างชัดเจน
4. แบบทดสอบข้อเขียน เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหา โดยมีการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และผู้เรียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอน มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนอย่างชัดเจน

Nitko (2004) ได้เสนอแนวทางการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา ดังต่อไปนี้

1. ประเมินการระบุปัญหา เป็นการประเมินความสามารถในการอธิบายรายละเอียดของสถานการณ์ ซึ่งคำถามส่วนใหญ่ที่ใช้ถามได้แก่ ปัญหาในสถานการณ์นี้คืออะไร
2. ประเมินการระบุสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกัน เป็นการประเมินความสามารถในการระบุข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ซึ่งต้องมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องในปัญหาผสมผสานกัน
3. ประเมินการระบุข้อสันนิษฐาน เป็นการประเมินความสามารถในการระบุวิธีแก้ปัญหา และข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา
4. ประเมินการอธิบายกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่หลากหลาย เป็นการประเมินความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยใช้แนวทางต่างๆ
5. ประเมินการตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหา เป็นการประเมินความสามารถในการตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหา หนึ่งวิธีจากหลากหลายวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ และสามารถระบุเหตุผลที่เลือกวิธีแก้ปัญหานั้น

6. ประเมินการรวบรวมข้อมูลเข้าด้วยกัน เป็นการประเมินความสามารถในการคิดขั้นตอนสำหรับวิธีแก้ปัญห โดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอยู่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้

7. ประเมินการสร้างทางเลือก เป็นการประเมินความสามารถในการคิดแก้ปัญหาน้อยสองวิธีขึ้นไป

8. ประเมินการใช้วิธีการอุปมาอุปไมย เป็นการประเมินความสามารถในการอธิบายถึงวิธีแก้ปัญหโดยการเปรียบเทียบกับวิธีแก้ปัญหามีลักษณะคล้ายกัน

9. ประเมินวิธีแก้ปัญห เป็นการประเมินความสามารถให้เหตุผลที่ตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหานั้นโดยสามารถระบุว่าวิธีแก้ปัญหานั้นดีกว่าวิธีแก้ปัญหามาจากทางเลือกอื่นได้

การแก้ปัญหเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนฝึกคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง จากปัญหาที่ง่ายไปสู่ปัญหาที่ซับซ้อน จากสภาพการณ์ที่เป็นสถานการณ์ใหม่ๆ มีวิธีแก้ปัญหได้หลายวิธี เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและแก้ปัญหามุมมองที่หลากหลาย ควรประเมินผลการแก้ปัญหด้วยการคิดหาเหตุผล ปลูกฝังนิสัยการซักถาม เพื่อสอบสวนข้อเท็จจริงเพราะการแก้ปัญหเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ต้องฝึกฝนอยู่เสมอ ฉะนั้นผู้ที่แก้ปัญหได้ต้องมีการจัดกระทำ การเรียนรู้สถานการณ์และปัญหาต่างๆ การปฏิบัติงานจะทำให้เกิดการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหได้เป็นอย่างดี

จากแนวทางการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญห ควรจัดบรรยากาศที่เอื้อต่อการแก้ปัญห มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหด้วยตนเอง โดยฝึกจากปัญหาง่ายๆ ไปสู่ปัญหาที่ซับซ้อน

7.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการแก้ปัญห

ยุรวัดน์ คล้ายมงคล (2534) ทำวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานประถมศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 102 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดกระบวนการแก้ปัญห แบบสังเกตกระบวนการแก้ปัญห และแบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีกระบวนการแก้ปัญห 3 ขั้นตอน คือ การทำความเข้าใจในโจทย์ปัญหา การวางแผนการแก้ปัญห และการดำเนินการตามแผน มีส่วนน้อยที่ทำครบทั้ง 4 ขั้นตอน คือ มีการทบทวนคำตอบและแผนการแก้ปัญห ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหในเรื่องนี้ ได้นำมาใช้ในการสอนคณิตศาสตร์ตั้งแต่วัยเด็ก 7-11 ปีขึ้นไป

ฉัตรลดา สุนทรนนท์ (2549) ศึกษาผลของการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักบนเว็บที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีแบบการเรียนต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า 1. นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักบนเว็บวิชาวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2. นักเรียนที่

เรียนด้วยการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักบนเว็บวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีแบบการเรียนรู้ต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3. นักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้แบบปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินตนเองและสมาชิกสูงที่สุดจากการประเมินพฤติกรรมการเรียน 5 ด้าน ได้แก่ ด้านความสนใจ ด้านการแสดงความคิดเห็น ด้านการตอบคำถาม ด้านการยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และด้านการทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย ขณะที่นักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้แบบคิดเอกลีขี้มีค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินตนเองและสมาชิกต่ำที่สุดในด้านความสนใจ การแสดงความคิดเห็น ด้านการตอบคำถาม และด้านการยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่นและนักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้แบบดูซ้ำเป็นกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินตนเองและสมาชิกต่ำที่สุดในด้านการทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย

จิรากร สำเร็จ (2551) ที่ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) โดยเน้นเทคนิค KWDL ที่มีต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน พบว่า ความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เอกรินทร์ ศรีม่วง (2554) ศึกษาผลของเว็บคอมพิวเตอร์ที่ใช้คอนิทิพหูลที่แตกต่างกัน ที่มีต่อสัมฤทธิ์ผลทางการเรียน และทักษะการแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีระดับผลการเรียนแตกต่างกัน พบว่า นักเรียนที่เรียนแก้ปัญหาด้วย เว็บคอมพิวเตอร์ที่ใช้คอนิทิพหูลที่แตกต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับผลการเรียนกับแบบคอนิทิพหูลในการเรียนแก้ปัญหาด้วยเว็บคอมพิวเตอร์ต่อสัมฤทธิ์ผลทางการเรียน และทักษะการแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ดวงกมล สนวนทอง พรรณี บุญประกอบ วิลาสลักษณ์ ชิววลี และนำชัย ศุภฤกษ์ชัยสกุล (2556) ศึกษาผลของแบบการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนแบบมัลติมีเดียตามแนวคิดคอนสตรัคติวิส เรื่องมนุษย์กับทรัพยากรธรรมชาติที่มีต่อการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียตามแนวคิดคอนสตรัคติวิส เรื่องมนุษย์กับทรัพยากรธรรมชาติที่มีต่อการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีแบบเรียนต่างกัน มีคะแนนการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ .05

จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่า การส่งเสริมให้ผู้เรียนการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้โครงงานเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีหลักการอยู่ 3 ประการด้วยกันคือ สิ่งที่จะให้ศึกษาต้องเป็นเรื่องที่น่าสนใจของผู้เรียน ซึ่งได้แก่ หุ่นยนต์ เพราะประกอบไปด้วยศาสตร์หลายสาขาที่มาประกอบเป็นหุ่นยนต์ทำให้นักศึกษาค้นคว้า และการประกอบหุ่นยนต์เป็นรูปร่างจากชิ้นส่วนต่างๆ นำชวนให้ทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง รวมทั้งการเขียนโปรแกรมควบคุมการ

ทำงานของหุ่นยนต์ด้วย ซึ่งในการวิจัยนี้พบว่า นักเรียนเป็นผู้ที่มีความกระตือรือร้น แสวงหาสิ่งแปลกใหม่ ต้องการศึกษ ทดลองปฏิบัติด้วยตนเองให้เห็นเป็นรูปธรรมจึงน่าที่จะใช้หุ่นยนต์มาศึกษา อีกประการหนึ่งผู้วิจัยเลือกใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่มาช่วยเสริมให้เกิดการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาเพราะการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นประกอบด้วย การเสริมศักยภาพแบบกระบวนการคิด (Metacognitive Scaffolding) และการเสริมศักยภาพแบบกระบวนการ (Procedural Scaffolding) ส่วนการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบคงที่ประกอบด้วย การเสริมศักยภาพแบบความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) และการเสริมศักยภาพแบบกลยุทธ์ (Strategies Scaffolding) ที่ช่วยทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ทั้งที่ซับซ้อนและไม่ซับซ้อน

ส่วนเนื้อหาที่จะให้นักเรียนเรียนต้องสอดคล้องกับความสนใจและความต้องการของนักเรียน โดยจัดทำแผนการเรียนรู้ออกเป็น 8 หน่วย มีทั้งทฤษฎีและปฏิบัติควบคู่กันไปทุกครั้งทีเรียนอย่างละ 1 คาบ และนำขึ้นไปไว้บนเว็บการเรียนการสอน ซึ่งในปัจจุบันการเรียนการสอนบนเว็บมีประสิทธิภาพมากสามารถเรียนได้ทั้งในสถานที่ นอกสถานที่ หรือในทุกที่ของหน่วยงานที่มีอินเทอร์เน็ตติดตั้งอยู่ สามารถเรียนได้ด้วยตนเอง เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายสะดวกตลอด 24 ชั่วโมง เรียนเวลาใดก็ได้ (Pollack & Master, 1997) ซึ่งในปัจจุบันถือว่าการเรียนการสอนด้วยอินเทอร์เน็ตผ่านระบบเวปไซต์เวป www ถือเป็นแหล่งข้อมูลใหญ่ที่สุดในโลก เหมาะเป็นการเชื่อมโยงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั่วโลกเข้าด้วยกัน (ไพรัช ธีชัยพงษ์, 2540) ทำให้ผู้เรียนมีความสะดวกคล่องตัวได้รับความรู้เต็มที่ตามต้องการ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงาน เป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2556 ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม จำนวน 23 คน เป็นการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ด้วยเกณฑ์ 1) เป็นโรงเรียนที่เปิดสอนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์มาต่อเนื่อง 2) มีความพร้อมของชุดอุปกรณ์และบุคลากรสอน กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น จำนวน 11 คน และกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบคงที่ จำนวน 12 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่างมีขั้นตอน ดังนี้

1. คัดเลือกนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์อยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ซึ่งเป็นวิชาเลือกเสรี จำนวน 23 คน
2. นักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ จะได้รับการสอบวัดความรู้พื้นฐานก่อนเรียนเพื่อเตรียมสุ่มเข้ากลุ่มทดลอง โดยนำคะแนนจากการวัดความรู้พื้นฐานก่อนเรียนมาเป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่ม แบ่งนักเรียนออกเป็น 3 ระดับตามระดับคะแนนที่วัดได้ ได้แก่ กลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ จากนั้นนำคะแนนของแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียน มาพิจารณาค่า สูงสุด

ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นเกณฑ์ (นาถวดี นันทาทิพย์, 2546) ดังนี้

นักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่า $\bar{X} + 1SD$ จัดเป็นนักเรียนที่มีระดับความรู้สูง

นักเรียนที่มีคะแนนระหว่าง $\bar{X} - 1SD$ กับ $\bar{X} + 1SD$ จัดเป็นนักเรียนที่มีระดับความรู้ปานกลาง

นักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่า $\bar{X} - 1SD$ จัดเป็นนักเรียนที่มีระดับความรู้ต่ำ

คะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนเท่ากับ 12.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เท่ากับ 2.259 ดังนั้นนักเรียนในกลุ่มสูงมีคะแนน $12.45 + 2.259 = 14.709$

นักเรียนในกลุ่มปานกลางมีคะแนน 12.45

นักเรียนในกลุ่มต่ำมีคะแนน $12.45 - 2.259 = 10.191$

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจัดให้

นักเรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียน 14 คะแนนขึ้นไป อยู่ในกลุ่มสูงได้ จำนวน 7 คน

นักเรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนระหว่าง 11-13 อยู่ในกลุ่มปานกลาง ได้จำนวน 11 คน

นักเรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนตั้งแต่ 10 คะแนนลงไปอยู่ในกลุ่มต่ำ ได้จำนวน 5 คน

จากเกณฑ์ดังกล่าวนี้

เมื่อผู้วิจัยได้คะแนนจากแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนของนักเรียนทั้งหมด 23 คน แล้ว จึงจัดสุ่มเข้ากลุ่มทดลองที่แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ 1 เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นจำนวน 11 คน และสุ่มเข้ากลุ่มทดลองที่ 2 ที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ จำนวน 12 คน โดยแต่ละกลุ่มมีสมาชิกทั้งสูง กลาง ต่ำ ปะปนกัน เพื่อให้ทั้ง 2 กลุ่มมีความสามารถเท่าเทียมกัน เป็นการควบคุมตัวแปรที่อาจเกิดขึ้นกับงานวิจัย

ผู้วิจัยจัดนักเรียนสุ่มเข้ากลุ่มทดลองที่ 1 เรียนโดยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นได้ทั้งสิ้น 11 คน จำแนกเป็น กลุ่มสูง 2 กลุ่ม กลุ่มปานกลาง 2 กลุ่ม และกลุ่มต่ำ 1 กลุ่ม สุ่มเข้ากลุ่มทดลองที่ 2 เรียนโดยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ได้ทั้งสิ้น 12 คน จำแนกเป็น กลุ่มสูง 2 กลุ่ม กลุ่มปานกลาง 3 กลุ่ม และกลุ่มต่ำ 1 กลุ่ม จากนั้นทำการจัดกลุ่มย่อยให้แก่กลุ่มทดลอง โดยสุ่มอย่างง่าย เข้ากลุ่มทดลองที่ 1 เป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นได้กลุ่มย่อย 5 กลุ่ม โดยมีกลุ่มละ 2 คนจำนวน 4 กลุ่ม และกลุ่มละ 3 คน จำนวน 1 กลุ่ม และกลุ่มทดลองที่ 2 ที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ได้กลุ่มย่อย จำนวน 6 กลุ่มๆ ละ 2 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีความสามารถละกัน จากนั้นผู้วิจัย นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบความสามารถของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียน มาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบพบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยความรู้พื้นฐานก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคะแนนความรู้พื้นฐานก่อนเรียน

	\bar{x}	SD	p
กลุ่มยืดหยุ่น	12.50	2.46	0.899
กลุ่มคงที่	12.40	2.17	

จากตารางที่ 4 พบว่า กลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น 1 และการเสริมศักยภาพแบบคงที่ มีคะแนนเฉลี่ยความรู้พื้นฐานก่อนเรียนเท่ากับ 12.50 และ 12.40 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้พื้นฐานก่อนเรียนด้วยการทดสอบด้วย t-test พบว่าคะแนนเฉลี่ยความรู้พื้นฐานก่อนเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดสอบนี้เพื่อยืนยันว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีความสามารถไม่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงสามารถดำเนินการทดลองต่อไปได้

แบบแผนการวิจัย

แบบการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) ในรูปแบบการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (Pretest - Posttest Control Group Design) (Campbell & Stanley, 1963) โดยมีรูปแบบดังนี้

$$\begin{array}{cccc} E_1R & O_1 & X_1 & O_2 \\ E_2R & O_1 & X_2 & O_2 \end{array}$$

เมื่อ R เป็นการสุ่มเข้ากลุ่มทดลอง

E_1 เป็นกลุ่มทดลองที่ 1 ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่น

E_2 เป็นกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบคงที่

O_1 เป็น แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

O_2 เป็น แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา หลังเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

X_1 เป็น Treatment ได้รับการเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐานด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่น

X_2 เป็น Treatment ได้รับการเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐานด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบคงที่

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์เป็นวิชาที่ประกอบไปด้วยศาสตร์ต่างๆ อาทิ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความซับซ้อนในการเรียนรู้ ทำให้เข้าถึงความรู้เนื้อหานั้นยาก ประกอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (อายุ 12 ปี) ชอบค้นคว้าทดลองหาคำตอบด้วยตนเอง และสนใจทำกิจกรรมที่ต้องลงมือปฏิบัติ จึงสนใจเข้าเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ซึ่งเป็นวิชาเลือกเสรีที่มีการสอนให้นักเรียนได้ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติจากสถานการณ์จริง เพื่อให้ นักเรียนเกิดทักษะในกระบวนการคิดวิเคราะห์และทักษะการแก้ปัญหาได้ ในการเรียนวิชาที่มีความ

ยากขึ้นการเข้าถึงเนื้อหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จึงจำเป็นต้องช่วยเหลือให้นักเรียนเข้าถึงความรู้โดยการเสริมศักยภาพ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างระหว่างบุคคลการรับรู้หรือเข้าถึงความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาวิชานี้ซับซ้อนได้ไม่เท่ากัน รวมถึงการถ่ายทอดความรู้และการแสดงออกก็แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องช่วยเหลือเด็กที่ด้อยกว่านักเรียนคนอื่นให้สามารถทำงานได้ดังที่ไวท์ทสก็์ ได้อธิบายไว้ว่า เด็กแต่ละคนในวัยเดียวกันจะมีบริเวณใกล้เคียงพัฒนาการทางเซาว์ ปัญหาแตกต่างกัน บางคนอยู่เหนือ Zone of Proximal Growth บางคนอยู่ระหว่าง แต่บางคนอยู่ต่ำกว่า จึงต้องได้รับการช่วยเหลือจึงจะสามารถทำงานได้บรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งไวท์ทสก็์เรียกวิธีช่วยเหลือนี้ว่า Scaffolding หรือ Assisted Learning (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553)

การเสริมศักยภาพที่ให้นักเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ เป็นการช่วยเหลือให้นักเรียนเข้าใจปัญหาที่ยากและซับซ้อน เพื่อไปสู่การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา โดยนำเทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น (Soft scaffolding) และแบบคงที่ (Hard Scaffolding) (Brush & Saye, 2002) มาใช้ดังนี้

การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น (Soft scaffolding) หมายถึง การช่วยเหลือที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ตามความสนใจและความต้องการของผู้เรียน การให้การสนับสนุนผู้เรียนตามความต้องการของผู้เรียนโดยเฉพาะแต่ละคน แล้วให้ผลตอบกลับแก่ผู้เรียน การสนับสนุนอาจเป็นไปทั้งการให้คำแนะนำในการค้นหาคำตอบ การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นยังประกอบด้วย การเสริมศักยภาพด้านกระบวนการคิด (Metacognition Scaffolding) และการเสริมศักยภาพแบบกระบวนการ (Procedural Scaffolding)

การเสริมศักยภาพแบบคงที่ (Hard scaffolding) เป็นการสนับสนุนให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้เดิมของตนเองเพิ่มมากขึ้น โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมของผู้เรียนกับข้อความใหม่ที่ผู้สอนเตรียมมาเป็นการช่วยเหลือที่ผู้สอนวางแผนไว้ล่วงหน้า โดยความช่วยเหลือเตรียมการไว้มาจากปัญหาที่กลุ่มผู้เรียนทั่วไปพบในการทำงาน การเสริมศักยภาพแบบคงที่ประกอบด้วย การเสริมศักยภาพแบบการสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) และการเสริมศักยภาพแบบยุทธศาสตร์ (Strategic Scaffolding)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ 2 แบบ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาโปรแกรมหุ่นยนต์ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่

1.2 เว็บไซต์ในการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

1.3 วัสดุทัศนเสริมความรู้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

2.2 แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

2.3 แบบทดสอบการแก้ปัญหาในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

2.4 แบบประเมินการทำโครงการหุ่นยนต์ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังกล่าว มีรายละเอียดในการดำเนินการสร้าง ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดการเรียนรู้ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

แผนการจัดการเรียนรู้ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ คือ เอกสารที่แสดงรายละเอียดของการเรียนการสอน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลตามการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ มีจำนวนทั้งสิ้น 12 แผน ประกอบด้วย

แผนการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การแนะนำหุ่นยนต์

แผนการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การประกอบหุ่นยนต์

แผนการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การขับเคลื่อนหุ่นยนต์

แผนการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การควบคุมการชนด้วยสวิทช์ของหุ่นยนต์

แผนการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การสื่อสารข้อมูลอนุกรม

แผนการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การติดตั้งวงจรอินฟราเรดเพื่อควบคุมระยะไกล

แผนการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

แผนการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การเคลื่อนที่ตามเส้นของหุ่นยนต์

แผนการเรียนรู้ที่ 9-12 เรื่อง การทำโครงงานหุ่นยนต์

การสร้างแผนการเรียนรู้ มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ในด้านจุดหมาย สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์โครงสร้างเนื้อหา และองค์ประกอบในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และเป็นแนวทาง พื้นฐานในการจัดทำแผนการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานที่มีการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกัน ประกอบด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่

1.2 ศึกษาหลักการ แนวคิด จากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บ การเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ และการโปรแกรมหุ่นยนต์

1.3 หลังจากการวิเคราะห์โครงสร้างเนื้อหา และองค์ประกอบในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ยังได้ทำการสัมภาษณ์ครูผู้สอน อาจารย์ ที่สอนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ในโรงเรียนต่างๆ ทั้งในกรุงเทพฯและต่างจังหวัดรวมถึง 8 โรงเรียน รายนามโรงเรียนต่างๆ ที่ถูกสัมภาษณ์ อยู่ในภาคผนวก ก ในเรื่องหลักสูตรการสอน การจัดกิจกรรม เวลาในการเรียนภาคทฤษฎีและปฏิบัติ รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการเรียนการสอนหุ่นยนต์ และการฝึกซ้อมเพื่อเข้าแข่งขันในระดับต่างๆ เป็นต้น เพื่อมาเป็นแนวทางกำหนดกรอบเนื้อหาวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์และกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนรุ่นพี่ที่เคยเรียนการโปรแกรมหุ่นยนต์ถึงปัญหาต่างๆ ที่นักเรียนเคยพบขณะเรียนและวิธีในการแก้ปัญหาของนักเรียน

1.4 ศึกษาจากเอกสารที่ทางโรงเรียนจัดการสอนหุ่นยนต์จัดให้ รวมทั้งการสังเกตการเรียนการสอนหุ่นยนต์ตามโรงเรียนที่ไปสังเกตและสัมภาษณ์

1.5 จัดทำแผนการเรียนรู้ฉบับร่างโดยกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ตามการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ จำนวน 12 แผน แผนละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที นำไปให้อาจารย์ประจำวิชาและอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาด้านเนื้อหา สำนวนภาษา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานที่มีการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกัน เสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา โดยการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนการเรียนรู้ การจัดกิจกรรม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (IOC) Index of item objective Congruence โดยมีวิธีการให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน	+1	สำหรับข้อที่แน่ใจว่าสอดคล้อง
ให้คะแนน	0	สำหรับข้อที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง
ให้คะแนน	-1	สำหรับข้อที่แน่ใจว่าไม่สอดคล้อง

จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าความสอดคล้องของข้อคำถาม โดยแปลความหมาย

ถ้าข้อคำถามที่มีค่า $IOC \geq 0.5$ แสดงว่า ข้อคำถาม มีความสอดคล้อง

ถ้าข้อคำถามที่มีค่า $IOC \leq 0.5$ แสดงว่า ข้อคำถาม ไม่มีความสอดคล้อง

(ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552)

ผลการประเมินค่าความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่า $IOC \geq 0.5$ จัดว่าแผนการจัดการเรียนรู้ในวิชาโปรแกรมหุ่นยนต์ มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ทดลองได้ และมีข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ มีดังนี้ 1) การจัดกิจกรรมมากเกินไป มีหลายขั้นตอน อาจไม่ทันกับคาบเรียนที่มี 2) ควรมีการวัดผลเชิงปฏิบัติในกิจกรรมที่สอน น่าจะเหมาะสมกว่าการใช้แบบทดสอบ 3) การประเมินด้วยการสังเกตนานมากเกินไป 4) ควรปรับปรุงภาษาที่ใช้ให้สละสลวยกว่านี้ ผู้วิจัยปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับจริง ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างเครื่องมือไว้ที่ภาคผนวก ข

2. เว็บไซต์ในการเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

เว็บไซต์ในการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ผู้วิจัยเลือกใช้ Moodle ซึ่งเป็นโปรแกรมหนึ่ง ที่ระบบ LMS รองรับ โดยนำบทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นวางไว้ในระบบ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเพื่อใช้สำหรับการเรียน 2 แบบคือ การเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐานด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่นและคงที่ บทเรียนบนเว็บประกอบด้วยเนื้อหาของวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์มีไว้สำหรับให้ความรู้แก่ผู้เรียน มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ในด้านจุดมุ่งหมาย สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ รวมทั้งศึกษาวัตถุประสงค์ เนื้อหา การวัดและประเมินผลและขอบข่ายของวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

2.2 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด และขั้นตอนการสร้างเว็บ โดยใช้เนื้อหาวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

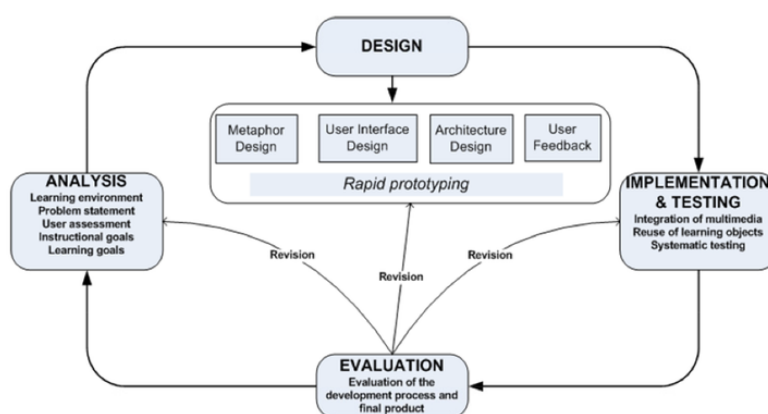
2.3 วิเคราะห์เนื้อหาวิชาการศึกษาโปรแกรมหุ่นยนต์ กำหนดเนื้อหา ความคิดรวบยอด และวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

2.4 ออกแบบและสร้างเว็บที่ใช้ในการเรียนวิชาการศึกษาโปรแกรมหุ่นยนต์ ภายในเว็บ มีเครื่องมือที่ช่วยในการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ 1) บทเรียนวิชาการศึกษาโปรแกรมหุ่นยนต์ 2) วิดีทัศน์เสริมความรู้ 3) การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนแบบร่วมมือในการเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่น ซึ่งประกอบด้วย บล็อกกลุ่ม (Blog) ระหว่างผู้เรียนด้วยกัน และระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน เพื่อให้ได้สนทนา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการแก้ปัญหา และสรุปความรู้ที่ได้ และกระดานสนทนา (Web board) เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าไปเขียนความรู้ที่ค้นคว้ามาให้ผู้อื่นทราบ ส่วนการเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบคงที่นั้น ได้ให้แหล่งการเรียนรู้ออนไลน์เพิ่มเติม เช่น การให้ตัวอย่างผังงาน (Flow chart) พร้อมกับตัวอย่างการเขียนโปรแกรม และสรุปความรู้ที่ได้ในรูปแบบของผังงาน หรือผังมโนทัศน์ บนกระดานสนทนา (Web board) หรือ ส่งผ่านทาง e-mail ให้ผู้สอนตรวจและเฉลยทันที โดยผู้สอนเตรียมเฉลยไว้แล้ว

การสร้างบทเรียนบนเว็บ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

สร้างบทเรียนบนเว็บตามขั้นตอนการออกแบบเว็บการเรียนการสอนของ (Hadjerrouit, 2010) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 ตอน ได้แก่

1. การวิเคราะห์ (Analytic stage) เป็นการเก็บและศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่จะนำมาสังเคราะห์เพื่อหาความต้องการ ขอบเขต ซึ่งถือว่าเป็นรากฐานสำคัญในการออกแบบ
2. ขั้นตอนการออกแบบ (Design stage) เป็นกระบวนการต่อเนื่องจากการวิเคราะห์ โดยผู้สร้างออกแบบระบบขึ้นให้สอดคล้องต่อการใช้งานของผู้ใช้ การออกแบบนี้จะบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีเข้ากับศาสตร์และกลยุทธ์ในการจัดการเรียนการสอน
3. ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและทดสอบ (Implementation and testing stage) เป็นระยะดำเนินการสร้างและทดสอบระบบการทำงานต่างๆ จากการสร้าง
4. ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluation stage) เป็นขั้นนำเครื่องมือหรือสื่อที่ได้จากการออกแบบไปทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพหรือข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อนำมาแก้ไขโดยการประเมินจากผู้ใช้งานจริง



ภาพที่ 2 การออกแบบ web-based instruction ของ (Hadjerrouit, 2010)

นำเว็บที่ออกแบบและสร้างเป็นบทเรียนไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

จากนั้นนำเว็บการเรียนการสอนที่ออกแบบไปเสนอผู้เชี่ยวชาญการเรียนการสอนบนเว็บจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ขั้นตอนการเรียนรู้ เครื่องมือที่ช่วยในการเรียน และรูปแบบการช่วยเสริมศักยภาพ จากนั้นนำมาหาค่าความสอดคล้องของข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (IOC) Index of item objective Congruence โดยมีวิธีการให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน	+1	สำหรับข้อที่แน่ใจว่าสอดคล้อง
ให้คะแนน	0	สำหรับข้อที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง
ให้คะแนน	-1	สำหรับข้อที่แน่ใจว่าไม่สอดคล้อง

จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าความสอดคล้องของข้อคำถาม โดยแปลความหมายถ้าข้อคำถามที่มีค่า IOC ≥ 0.5 แสดงว่า ข้อคำถาม มีความสอดคล้อง ถ้าข้อคำถามที่มีค่า IOC ≤ 0.5 แสดงว่า ข้อคำถาม ไม่มีความสอดคล้อง (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552)

ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงดังนี้ 1) ควรมีภาพประกอบคำอธิบายประเภทของหุ่นยนต์ เพื่อให้จดจำได้ง่ายขึ้น 2) การเชื่อมโยงยังไม่สมบูรณ์ เช่น ขาดปุ่มเชื่อมโยงในบางหน่วยของบทเรียน และ 3) ปรับปรุงเรื่องของเวลาเพราะมีเนื้อหามากเกินไป ให้พิจารณาใหม่ รวมทั้งเรื่องกิจกรรมด้วย

ผู้วิจัยปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และจัดทำเว็บการเรียนการโปรแกรมหุ่นยนต์ ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างเครื่องมือไว้ที่ ภาคผนวก ค

ผลจากการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของบทเรียนบนเว็บ พบว่ามีค่า IOC เท่ากับ 0.92 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่า เว็บการเรียนการโปรแกรมหุ่นยนต์ มีคุณภาพเหมาะสมตามที่กำหนดไว้สามารถนำไปใช้ในการทดลองต่อไปได้

3. วิจัยที่เสริมความรู้

วิจัยที่เสริมความรู้เป็นวิจัยที่มีเนื้อที่ขนาดเล็ก และใช้เวลาสั้นในการนำเสนอมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาเนื้อหาจากคู่มือการใช้งานของหุ่นยนต์ เอกสารที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ การสอบถามข้อมูล ปัญหา ประสบการณ์ ประเด็นที่น่าสนใจจากนักเรียนที่เคยเรียนวิชานี้มาจากหลายรุ่น เพื่อเป็นรวบรวมข้อมูลแล้วนำมาใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหา และการนำเสนอเรื่องราว การจัดลำดับความสำคัญก่อนหลัง จุดเน้นของเรื่อง เพื่อเป็นข้อมูลในการทำบทวิจัย (Script) รวบรวมข้อมูลข้อควรระวังในการเรียนการโปรแกรมหุ่นยนต์ (Trick and tip)

3.2 สร้างบทวิจัย (Script) ฉบับร่าง แล้วนำบทวิจัยฉบับร่างเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาด้านเนื้อหา สำนวนภาษา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา แล้วปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.3 จัดทำโครงเรื่อง (story board) ให้ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์ แล้วนำโครงเรื่องเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา แล้วปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.4 ผลิตวีดิทัศน์เสริมความรู้ ดำเนินการถ่ายทำตามโครงเรื่องที่กำหนดไว้ สร้างภาพภาพเคลื่อนไหว และข้อความประกอบการนำเสนอเหตุการณ์ วีดิทัศน์เสริมความรู้ในกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น ผู้เรียนจะเป็นผู้สรุปด้วยตนเอง แต่ในกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ที่มีสรุปขั้นตอนการปฏิบัติหรือการเรียนรู้เป็นลำดับขั้น จากนั้นนำวีดิทัศน์เสริมความรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบโครงสร้างและเทคนิคการนำเสนอ โดยใช้แบบประเมินสื่อที่มีการหาค่าระดับความเหมาะสมและความสอดคล้องของข้อความที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (IOC) Index of item objective Congruence โดยมีวิธีการให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน	+1	สำหรับข้อที่แน่ใจว่าสอดคล้อง
ให้คะแนน	0	สำหรับข้อที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง
ให้คะแนน	-1	สำหรับข้อที่แน่ใจว่าไม่สอดคล้อง

จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าความสอดคล้องของข้อความ โดยแปลความหมาย

ถ้าข้อความที่มีค่า $IOC \geq 0.5$ แสดงว่า ข้อความ มีความสอดคล้อง

ถ้าข้อความที่มีค่า $IOC \leq 0.5$ แสดงว่า ข้อความ ไม่มีความสอดคล้อง

(ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552)

ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงดังนี้ ควรมีภาพประกอบคำอธิบายประเภทของหุ่นยนต์ เพื่อให้จดจำได้ง่ายขึ้น และปรับปรุงเรื่องกิจกรรม และเวลาที่ใช้ในการสอนเพราะมีเนื้อหามากเกินไป

3.5 ผู้วิจัยปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และจัดทำวีดิทัศน์เสริมความรู้การโปรแกรมหุ่นยนต์ ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างเครื่องมือไว้ที่ ภาคผนวก ง

3.6 ผู้วิจัยหาค่าความเหมาะสมและความสอดคล้องของวีดิทัศน์เสริมความรู้ มีค่า IOC เท่ากับ 0.88 ซึ่งมากกว่า 0.5 แสดงว่า วีดิทัศน์เสริมความรู้ที่ใช้ในการเรียนการโปรแกรมหุ่นยนต์ มีคุณภาพตามที่กำหนดไว้

3.7 ผู้วิจัยนำวีดิทัศน์เสริมความรู้ มาทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ ให้ได้ค่าประสิทธิภาพของสื่อ 80/80 (80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของกลุ่ม (Class mean) คิดเป็นร้อยละ 80 และ 80 ตัวหลัง หมายถึงร้อยละ 80 ของผู้เรียนสามารถเรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์แต่ละข้อของบทเรียน) (วชิราพร อัจฉริยโกศล, 2536)

ในการหาประสิทธิภาพของวีดิทัศน์ในข้อที่ 3.7 มีขั้นตอนการประเมินดังนี้

1. การประเมินหนึ่งต่อหนึ่ง โดยใช้นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้จำนวน 1 คน เพื่อสอบถามความเข้าใจในวีดิทัศน์เสริมความรู้ทั้งด้านเนื้อหา ภาษา ภาพ อักษรประกอบคำบรรยาย เสียง ภาพเคลื่อนไหวเป็นต้น และนำมาปรับปรุงแก้ไข

2. การประเมินกลุ่มเล็ก โดยใช้นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแต่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน โดยศึกษาวิธีเดียวกันเพื่อดูความเข้าใจในเนื้อหา ความเหมาะสมของวีดิทัศน์ที่ใช้ หรือข้อบกพร่องอื่นถ้ามี นำมาแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จึงนำไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มใหญ่ต่อไป

3. การประเมินกลุ่มใหญ่ หรือการทดสอบภาคสนาม ให้นักเรียนจำนวน 10 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ โดยศึกษาวิธีเดียวกันกับกลุ่มที่ผ่านมา สอบถามความคิดเห็นและปัญหาใน

การใช้วัดทัศนเสริมความรู้ เมื่อไม่พบจึงนำไปทดลองได้ แล้วให้ทำแบบประเมิน นำมาวิเคราะห์ ในระหว่างที่ทดสอบการใช้วัดทัศนเสริมความรู้ นั้น ผู้วิจัยเข้าร่วมการสอนที่มีการใช้วัดทัศน เพื่อสังเกตพฤติกรรมนักเรียนว่ามีประสิทธิภาพ หรือข้อบกพร่องในการใช้งานอย่างไร และตรวจสอบปฏิกิริยาที่แสดงออกจากคำถามที่ใช้ ภาษา การเชื่อมโยงเนื้อหา จับเวลาเพื่อควบคุมเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอนอย่างเหมาะสม พร้อมทั้งสอบถามปัญหาในการใช้จากนักเรียนแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

จากนั้นนำผลการใช้วัดทัศนเสริมความรู้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยคะแนน สรุปข้อมูลที่ได้จากการทดสอบและวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของสื่อ ได้ค่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนเท่ากับ 84.5 และนักเรียนนำค่าคะแนนเฉลี่ยจากการนำผลงานที่ครูกำหนดให้หลังการเรียนทุกๆ หน่วย ได้ค่าคะแนนเฉลี่ยของการเรียนตามวัตถุประสงค์เท่ากับ 89.80 จึงเป็น $84.5/89.80$ ถือว่าเหมาะสม นำไปทดลองได้ ผลการทดสอบประสิทธิภาพสื่อดังแสดงในภาคผนวก จ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วย

1. แบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมทุนยนต์
2. แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ในวิชาการโปรแกรมทุนยนต์
3. แบบทดสอบการแก้ปัญหาในวิชาการโปรแกรมทุนยนต์
4. แบบประเมินการทำโครงงานทุนยนต์

1. แบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมทุนยนต์

แบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมทุนยนต์ เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยใช้วัดความรู้ก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมทุนยนต์ มีขั้นตอนการดำเนินการสร้างดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสาร หนังสือ ตำรา วารสารงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับการเรียนการโปรแกรมทุนยนต์

2. ศึกษาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร วัตถุประสงค์รายวิชา และขอบข่ายของวิชาการโปรแกรมทุนยนต์

3. กำหนดเนื้อหาของแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน

4. สร้างแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมทุนยนต์ เป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 42 ข้อ ข้อละ 4 ตัวเลือก ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน โดยวัดความรู้ขั้นความรู้/ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า (Bloom, 1956)

5. นำเสนอแบบทดสอบให้อาจารย์ประจำวิชา และอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษา และสำนวนที่ใช้

6. นำแบบทดสอบเสนอผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนวิชาการโปรแกรมทุนยนต์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ภาษาที่ใช้และความถูกต้อง โดยตรวจสอบดัชนีความสอดคล้อง IOC พบว่ามีค่า 0.89 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 จึงสรุปได้ว่ามีความ

เหมาะสม สามารถนำไปใช้ทดลองได้ โดยมีข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดังนี้ มีให้ปรับปรุงคำถามบางคำถามที่มีเนื้อหาซับซ้อน ปรับปรุงข้อคำตอบที่เป็นข้อลงไม่ชัดเจนอาจทำให้ผู้เรียนสับสนได้ และให้ปรับสำนวนภาษาในข้อคำถามบางข้อก่อนนำไปใช้จริง

7. นำแบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้เรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์แล้ว ตัวอย่างแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียน แสดงไว้ที่ภาคผนวก ค

8. นำแบบทดสอบมาวิเคราะห์รายข้อ เพื่อหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) นำข้อสอบที่ได้มาคัดเลือก โดยเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป วิเคราะห์หาความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR-20 ได้ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งหมดเท่ากับ 0.84 แสดงไว้ที่ภาคผนวก ค

9. วิธีการคัดเลือกแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

9.1 ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่า แบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนที่ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบนั้น มีจำนวนมากเกินไปสำหรับทดสอบกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สมควรลดจำนวนข้อลง

9.2 ผู้วิจัย ได้คัดเลือกตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญโดยใช้วัตถุประสงค์เป็นหลัก รวมทั้งใช้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และค่าของอำนาจจำแนก 0.2 ขึ้นไป เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก ได้แบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ฉบับจริงจำนวน 25 ข้อ

2. แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ตามแนวคิดของ Bloom (1972) ได้แบ่งลักษณะการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเภทคือ 1) การวิเคราะห์ด้านเนื้อหา 2) การวิเคราะห์ด้านหลักการ และ 3) การวิเคราะห์ด้านความสัมพันธ์ มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาลักษณะแบบวัด หลักสูตร หนังสือ เอกสาร ตำรา และวารสารงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการโปรแกรมหุ่นยนต์

2.2 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ฉบับร่างที่ครอบคลุมเนื้อหาในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 44 ข้อ แบ่งการวิเคราะห์เป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์เนื้อหาจำนวน 15 ข้อ 2) การวิเคราะห์หลักการจำนวน 15 ข้อ และ 3) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จำนวน 14 ข้อ โดยตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดให้ 0 คะแนน

2.3 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ฉบับร่างเสนออาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้อง ลักษณะการใช้คำถามและความถูกต้องด้านภาษา พร้อมนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงตามแก้ไข

2.4 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ฉบับร่างเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ลักษณะการใช้คำถามและความถูกต้องด้านภาษา แล้วปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.94 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีความเหมาะสมจากนั้นจึง

จัดทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ฉบับจริง ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างเครื่องมือไว้ที่ภาคผนวก ฉ

2.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้ว จำนวน 44 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แต่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน เพื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์รายข้อ (Item analysis) ผู้วิจัยตัดข้อสอบที่ไม่เหมาะสมออกจนได้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ฉบับใช้จริง มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อ ได้ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 ได้ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และความเที่ยงของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) มีค่าเท่ากับ 0.743

3. แบบทดสอบการแก้ปัญหาในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

แบบทดสอบการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย มีสถานการณ์ให้ผู้เรียนแก้ปัญหาแล้วตอบคำถามในแบบทดสอบ คำถามเรียงกันตามกระบวนการแก้ปัญหาของ(Weir, 1974) มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดและกระบวนการแก้ปัญหาทั้งในและต่างประเทศ

3.2 ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 57 ข้อ โดยกำหนดสถานการณ์ให้ผู้เรียนแก้ปัญหาแล้วตอบคำถามในแบบทดสอบ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดให้ 0 คะแนน สถานการณ์มาจากกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน คำถามในแบบทดสอบประกอบด้วยกระบวนการแก้ปัญหาลำดับขั้นดังนี้ 1. ความสามารถในการระบุปัญหา หมายถึง ความสามารถในการอธิบายสภาพปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ว่า อะไรคือปัญหาของสถานการณ์นั้น 2. ความสามารถในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุที่มาของปัญหา 3. ความสามารถในการเสนอวิธีการแก้ปัญหามา หมายถึง ความสามารถในการหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม 4. ความสามารถในการตรวจสอบผลการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการบอกผลที่เกิดจากการแก้ปัญหา

3.3 นำแบบทดสอบการแก้ปัญหาลำดับร่างเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้อง ลักษณะการใช้คำถามและความถูกต้องด้านภาษา พร้อมนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงตามแก้ไข

3.4 นำแบบทดสอบการแก้ปัญหาลำดับร่างเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ลักษณะการใช้คำถามและความถูกต้องด้านภาษา แล้วปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.97 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าแบบทดสอบการแก้ปัญหามีความเหมาะสม จากนั้นจึงจัดทำแบบทดสอบการแก้ปัญหาลำดับจริง ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างเครื่องมือไว้ที่ภาคผนวก ข

3.5 นำแบบทดสอบการแก้ปัญหาลำดับร่าง จำนวน 56 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แต่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน เพื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์รายข้อ (Item analysis) ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง

0.2-0.8 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป จำนวน 28 ข้อ ได้เป็นแบบทดสอบการแก้ปัญหาฉบับใช้จริง ความเที่ยงของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20 (Kuder-Richardson) มีค่าเท่ากับ 0.722

4. แบบประเมินการทำโครงการหุ่นยนต์

แบบประเมินการทำโครงการหุ่นยนต์เป็นแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อประเมินผลขณะผู้เรียนทำโครงการ มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเกตการณ์ปฏิบัติงาน การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียนจากการปฏิบัติงาน มีขั้นตอนการดำเนินการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสาร หนังสือ ตำรา ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินด้วยวิธี Rubric scoring

4.2 ศึกษาเอกสาร หนังสือ ตำราที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการและการโปรแกรมหุ่นยนต์

4.3 กำหนดหัวข้อการประเมินการทำโครงการ 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) การปฏิบัติตามคำสั่ง 2) การแก้ไขปัญหาขณะปฏิบัติงาน 3) การทำงานกลุ่ม

4.4 สร้างแบบประเมินการทำโครงการหุ่นยนต์ฉบับร่าง

4.5 นำแบบประเมินการทำโครงการหุ่นยนต์เสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษาและสำนวนที่ใช้

4.6 นำแบบประเมินการทำโครงการหุ่นยนต์เสนอผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนวิชาการ โปรแกรมหุ่นยนต์จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ภาษาที่ใช้และความถูกต้อง ตรวจสอบดัชนีความสอดคล้อง IOC พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-1.00 ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างเครื่องมือไว้ที่ภาคผนวก ข

การประเมิน เกณฑ์การประเมินรูบริคส์ มีดังนี้

คะแนน = 4 หมายถึง นักเรียนทำงานได้ดี ประสบผลสำเร็จ และมีการวิเคราะห์ปัญหาหาทางแก้ปัญหาได้ทุกขั้นตอน

คะแนน = 3 หมายถึง นักเรียนทำงานได้ดีพอใช้ มีการวิเคราะห์ปัญหา หาทางแก้ปัญหาได้บางส่วน

คะแนน = 2 หมายถึง นักเรียนทำงานได้ มีการวิเคราะห์ปัญหาในขณะที่ทำงาน และหาทางแก้ปัญหาไม่ได้ต้องอาศัยผู้สอนเข้ามาช่วยจึงแก้ปัญหาได้

คะแนน = 1 หมายถึง นักเรียนทำงานได้ไม่เป็นผลสำเร็จทั้งหมด วิเคราะห์ปัญหาไม่เป็น และแก้ปัญหาไม่ได้

คะแนน = 0 หมายถึง นักเรียนทำงานไม่ได้เลย วิเคราะห์ปัญหาและหาทางแก้ปัญหา

การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการเตรียมกลุ่มตัวอย่าง มีขั้นตอน ดังนี้

1.1 การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการเรียนรู้ในวิชาการโปรแกรม หุ่นยนต์ เว็บไซต์ในการเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ แบบวัดความรู้ก่อนเรียน แบบทดสอบการ

แก้ปัญหา แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงานของนักเรียนและแบบประเมินการทำโครงงานหุ่นยนต์

1.2 การเตรียมกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 23 คน จัดกลุ่มแบบความสามารถ แบ่งเป็นกลุ่มที่จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่น จำนวน 12 คน และกลุ่มที่จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบคงที่ จำนวน 11 คน

2. การดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองด้วยตนเอง ใช้เวลาทดลองทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ การเสริมศักยภาพที่ให้แก่นักเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ เป็นการช่วยเหลือให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและนำไปสู่การแก้ปัญหาที่มีความยากและซับซ้อน โดยนำเทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น (Soft scaffolding) และแบบคงที่ (Hard Scaffolding) (Brush & Saye, 2002) มาใช้ดังนี้

เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น หมายถึง การช่วยเหลือ ชี้แนะของครู โดยใช้กระบวนการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ที่นำเทคโนโลยีมามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เป็นการสนับสนุน ส่งเสริมผู้เรียนตามความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน เป็นการให้คำแนะนำด้านกระบวนการคิด (Metacognitive Scaffolding) เพื่อให้ผู้เรียนวางแผนสร้างแนวคิด ติดตามการทำงาน และแนะนำวิธีการใช้แหล่งทรัพยากรและเครื่องมือ บอกวิธีใช้เครื่องมือในการค้นหาคำตอบผ่านทางบล็อกกลุ่ม (blog) ซึ่งเป็นการเสริมศักยภาพแบบกระบวนการ (Procedural Scaffolding) เกิดการเรียนรู้จนสามารถพัฒนาความสามารถจนสามารถทำงานได้ด้วยตนเองการช่วยเหลือจึงยุติลง นอกจากนี้ผู้สอนพร้อมให้ความช่วยเหลือแก่ผู้เรียนตามความต้องการของผู้เรียนในทันทีที่ผู้เรียนร้องขอ

เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบคงที่ หมายถึง การช่วยเหลือ ชี้แนะของครู โดยใช้กระบวนการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ที่นำเทคโนโลยีมามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เป็นการให้คำแนะนำขณะผู้เรียนอยู่ในกระบวนการกลุ่ม เพื่อช่วยผู้เรียนสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) การให้เหตุผลเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ใช้วิธีการบอกใบ้เพื่อแนะแนวทางให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งทรัพยากรหรือฐานข้อมูลได้ มีการเสริมศักยภาพแบบกลยุทธ์ (Strategies Scaffolding) โดยใช้ยุทธศาสตร์ในการเรียน คิดหาทางออกโดยวิธีแก้ปัญหาต่างๆ ผ่านทางกระดานสนทนา (web board) จนผู้เรียนเกิดการเรียนรู้สามารถพัฒนาความสามารถจนสามารถทำงานได้ด้วยตนเองการช่วยเหลือจึงยุติลง โดยผู้สอนได้เตรียมการสอน สื่อการเรียนรู้ แหล่งการเรียนรู้ ทรัพยากรการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีใช้ทรัพยากรการเรียนรู้ไว้ล่วงหน้า แสดงในตารางที่ 5 และมีรายละเอียดในการดำเนินการทดลอง แสดงในตารางที่ 6 และ 7

ตารางที่ 5 การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพสองแบบ

การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น	การเสริมศักยภาพแบบคงที่
1 ให้คำแนะนำตามความต้องการของผู้เรียน เฉพาะเรื่อง	1 ให้ความช่วยเหลือตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า โดยความช่วยเหลืออยู่บนพื้นฐานของปัญหาที่กลุ่มผู้เรียนทั่วไปพบในขณะที่ทำงาน
2 ให้คำแนะนำเป็นรายบุคคล	2 ให้คำแนะนำขณะผู้เรียนอยู่ในกระบวนการกลุ่ม (ขณะทำงานกลุ่ม)
3 ให้คำแนะนำเกี่ยวกับกระบวนการคิด (Metacognitive Scaffolding) วางแผนสร้างแนวคิด ติดตามการทำงาน และบอกวิธีใช้เครื่องมือในการค้นหาคำตอบ	3 ช่วยสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) ให้กับผู้เรียน การให้เหตุผลเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ใช้วิธีการบอกใบ้เพื่อแนะแนวทางให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งทรัพยากรหรือฐานข้อมูลได้
4 ให้ชมวิดิทัศน์เสริมความรู้ที่ไม่มีการสรุปตอนท้าย	4 ให้ชมวิดิทัศน์เสริมความรู้ที่มีการสรุปตอนท้ายเป็นลำดับขั้น
5 ใช้เครื่องมือสื่อสารคือบล็อกกลุ่ม	5 ใช้เครื่องมือสื่อสารคือเว็บบอร์ด
6 เมื่อผู้เรียนส่งงานครูตรวจงานภายหลังเนื่องจากผู้สอนต้องตรวจแก้ไขคำตอบของผู้เรียนเป็นรายบุคคล	6 เมื่อผู้เรียนส่งงานครูตรวจงานและเฉลยให้ทราบทันที เนื่องจากมีค่าเฉลยเตรียมไว้ล่วงหน้า
7 มีการเสริมศักยภาพแบบกระบวนการ (Procedural Scaffolding) เป็นการช่วยเหลือโดยการแนะนำวิธีการใช้แหล่งทรัพยากรและเครื่องมือ เพราะต้องเกี่ยวข้องกับระบบและการทำงานของเรื่องที่ศึกษา	7 มีการเสริมศักยภาพแบบกลยุทธ์ (Strategies Scaffolding) โดยใช้ยุทธศาสตร์ในการเรียน คิดหาทางออกโดยวิธีแก้ปัญหาต่างๆ ผ่านทาง Web board

ตารางที่ 6 รายละเอียดในการดำเนินการทดลองการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา

ลำดับที่	เทคโนโลยีเสริมศักยภาพ (Technology enhanced scaffolding)		เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล
1	กลุ่มตัวอย่างได้รับการสอบวัดความรู้ก่อนเรียนเพื่อเตรียมจัดเข้ากลุ่มการทดลอง		แบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน
	เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นให้แก่ผู้เรียน	เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ให้แก่ผู้เรียน	
2	การทดสอบก่อนเรียน	การทดสอบก่อนเรียน	แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และการแบบทดสอบการแก้ปัญหา
3	<p>การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นให้แก่ผู้เรียน</p> <p>การจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บ (Web-Based Instruction) ประกอบด้วย</p> <ul style="list-style-type: none"> - บทเรียน เรื่องหุ่นยนต์ 8 หน่วย - การเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ - การเขียนโปรแกรมบนเว็บโดยการให้นักเรียนถามตอบเกี่ยวกับวิธีการเขียน flow chart ว่ามีวิธีการเขียนอย่างไร -CSCL การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ เมื่อนักเรียนปฏิบัติงานเข้าใจแล้วให้นักเรียนเขียน flow chart แล้วให้เพื่อนตรวจสอบ flowchart ของกันและกัน หลังจากนั้นครูจึงเฉลย flowchart ที่ถูกต้องให้นักเรียนทราบ ภายหลัง -ให้มีการใช้วิดิทัศน์เสริมความรู้ โดยการให้นักเรียนสรุปความรู้ที่เกิดขึ้นบนบล็อกกลุ่ม เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนสู่เพื่อน (Peer interaction) 	<p>การเสริมศักยภาพแบบคงที่ให้แก่ผู้เรียน</p> <p>การจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บ(Web-Based Instruction) ประกอบด้วย</p> <ul style="list-style-type: none"> - บทเรียน เรื่องหุ่นยนต์ 8 หน่วย - การเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ - การให้ตัวอย่างผังงาน (Flow chart) พร้อมกับตัวอย่างการเขียนโปรแกรม -CSCL การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ ให้นักเรียนเขียน flowchart ภายหลังจากปฏิบัติงานแล้ว และส่ง จากนั้นครูเฉลยคำตอบให้ทราบทันที -ให้มีการใช้วิดิทัศน์เสริมความรู้ที่มีการสรุปทบทวนเนื้อหาจากการดูวิดิทัศน์เสริมความรู้ในตอนท้าย และสรุปความรู้ที่เกิดขึ้นบนกระดานสนทนา 	
4			
5			
6			
7			
8	การทดสอบหลังเรียน	การทดสอบหลังเรียน	แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และการแบบทดสอบการแก้ปัญหา

ตารางที่ 7 รายละเอียดในการดำเนินการทดลองการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา(ต่อ)

ลำดับ ที่	เทคโนโลยีเสริมศักยภาพ (Technology enhanced scaffolding)		เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล
	เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นให้แก่ผู้เรียน	เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ให้แก่ผู้เรียน	
9-11	<p>ทำโครงงานหุ่นยนต์ ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> ระบุปัญหาว่าจะควบคุมหุ่นยนต์ได้อย่างไร เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามคำสั่ง และสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางไปให้ถึงจุดหมายได้ ตั้งสมมุติฐานว่าการเขียนโปรแกรมแบบใดจึงควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้ รวบรวมข้อมูล โดยนักเรียนศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์ และดำเนินการทดลองเขียนโปรแกรม ติดตั้งอุปกรณ์ในการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น ให้นักเรียนเดินตามเส้นที่กำหนด โดยมีครูคอยชี้แนะ ให้ค้นคว้าเพิ่มเติม ตามความต้องการของนักเรียน และใช้วีดิทัศน์เสริมความรู้ ร่วมกับการใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ มาช่วยเสริมความเข้าใจ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความรู้ร่วมกัน บนบล็อกรุ่น ซึ่งเน้นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนสู่เพื่อน (peer interaction) วิเคราะห์ผล โดยนำผลที่ได้จากการทดสอบกับหุ่นยนต์ไปวิเคราะห์ว่ามีปัญหาหรือเกิดความผิดพลาดจากส่วนใด หุ่นยนต์ทำงานได้ตามโปรแกรมที่ตั้งไว้หรือไม่ ให้ผลตามที่ต้องการหรือมีปัญหาว่าเกิดขึ้นจากอะไร และต้องแก้ไขอย่างไรบ้าง สรุปผลหลังจากที่ทดสอบกับหุ่นยนต์จนเป็นที่พอใจและแน่ใจแล้ว จึงทำการสร้างสนามแข่งขันและควบคุมหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการแข่งขันกับกลุ่มเพื่อนที่ทำโครงงานด้วยกันในตอนสิ้นสุดการทำโครงงาน เขียนผังงาน (Flow Chart) แสดงขั้นตอนการทำงานตลอดจนความสำเร็จหรือล้มเหลวของตนเอง 	<p>ทำโครงงานหุ่นยนต์ ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> ระบุปัญหาว่าจะควบคุมหุ่นยนต์ได้อย่างไร เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามคำสั่ง และสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางไปให้ถึงจุดหมายได้ ตั้งสมมุติฐานว่าการเขียนโปรแกรมแบบใดจึงควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้ รวบรวมข้อมูล โดยนักเรียนศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์ และดำเนินการทดลองเขียนโปรแกรม ติดตั้งอุปกรณ์ในการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น ให้นักเรียนเดินตามเส้นที่กำหนด โดยจะมีครูคอยดูแลควบคุมอยู่ตลอดเวลา และใช้วีดิทัศน์เสริมความรู้ ซึ่งมีการสรุปบทวนเนื้อหาในตอนท้ายของวีดิทัศน์เสริมความรู้ ร่วมกับการใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ มาช่วยเสริมความเข้าใจ วิเคราะห์ผล โดยนำผลที่ได้จากการทดสอบกับหุ่นยนต์ไปวิเคราะห์ว่ามีปัญหาหรือเกิดความผิดพลาดจากส่วนใด หุ่นยนต์ทำงานได้ตามโปรแกรมที่ตั้งไว้หรือไม่ ให้ผลตามที่ต้องการหรือมีปัญหาว่าเกิดขึ้นจากอะไร และต้องแก้ไขอย่างไรบ้าง สรุปผลหลังจากที่ทดสอบกับหุ่นยนต์จนเป็นที่พอใจและแน่ใจแล้ว จึงทำการสร้างสนามแข่งขันและควบคุมหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการแข่งขันกับกลุ่มเพื่อนที่ทำโครงงานด้วยกันในตอนสิ้นสุดการทำโครงงาน เขียนผังงาน (Flow Chart) แสดงขั้นตอนการทำงานตลอดจนความสำเร็จหรือล้มเหลวของตนเอง โดยครูผู้สอนจะให้เฉลยที่เตรียมไว้ นักเรียนทันที ครูอาจช่วยเหลือนักเรียนได้โดยการชี้แนะช่องทางการค้นคว้า หรือ คู่มือ หรือ สิ่งต่างๆ ที่ครูเตรียมไว้ เพื่อให้ นักเรียน ได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมด้วยตนเองต่อไป 	
12	นำเสนอโครงงาน	นำเสนอโครงงาน	แบบประเมินการทำโครงงานหุ่นยนต์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยและสมมติฐานการวิจัยแบ่งเป็น 6 ข้อ ดังนี้

การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean)

1. การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) ของตัวแปรความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น โดยใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ชนิดกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (dependent sample) โดยใช้โปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป

2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) ของตัวแปรความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ โดยใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ชนิดกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (dependent sample) โดยใช้โปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป

3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) ของตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น โดยใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ชนิดกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (dependent sample) โดยใช้โปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป

4. การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) ของตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ โดยใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ชนิดกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (dependent sample) โดยใช้โปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป

5. การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) ของตัวแปรความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ โดยใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่สัมพันธ์กัน (independent sample) โดยใช้โปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป

6. การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) ของตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ โดยใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่สัมพันธ์กัน (independent sample) โดยใช้โปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงาน เป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้ คือ

1. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของการใช้ เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ แตกต่างกันใน การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น

2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนของการใช้เทคโนโลยี เสริมศักยภาพที่ต่างกันและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันใน การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

มีสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันด้วยการ เรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานสามารถมีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อน เรียน

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันด้วยการ เรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานสามารถมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อน เรียน

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแตกต่างกันด้วยการ เรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกัน

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแตกต่างกันด้วยการ เรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานมีความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกัน

การทดสอบสมมติฐานการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยออกแบบการวิจัยเป็นแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) ในรูปแบบการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (Pretest - Posttest Control Group Design) การทดลองนี้แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 2 กลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้ เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกัน โดยมีตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

ตัวแปรอิสระ คือ การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนที่ต่างกัน แบ่งได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1. การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่น (Soft Scaffolding)

2. การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบคงที่ (Hard Scaffolding)

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการแก้ปัญหา

หลังจากดำเนินการทดลองตามขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลทำ การวิเคราะห์ และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 1

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 2

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 1

ตอนที่ 1.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนและในกลุ่มที่เปรียบเทียบการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน นำเสนอผลการวิเคราะห์ดังนี้

1.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่

กลุ่มทดลอง	N	\bar{X}	SD	t	p
กลุ่มยืดหยุ่น					
ก่อนเรียน	11	15.73	4.24	-2.331	0.042*
หลังเรียน	11	18.29	2.55		
กลุ่มคงที่					
ก่อนเรียน	12	14.83	5.40	-2.219	0.048*
หลังเรียน	12	17.38	1.74		

*p < .05

จากตารางที่ 8 พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ มีคะแนนการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนของทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ 15.73, 18.29 และ 14.83, 17.38 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ พบว่าค่า p ของทั้งสองกลุ่มเท่ากับ 0.042 และ 0.048 แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

1.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ของความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น และกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่

กลุ่มทดลอง	N	\bar{X}	SD	t	p
หลังเรียน					
ยืดหยุ่น	11	18.29	2.55	1.003	0.086
คงที่	12	17.38	1.74		

จากตารางที่ 9 พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ เท่ากับ 18.29 และ 17.38 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนด้วยการทดสอบด้วย Independent t- test พบว่า ค่า p เท่ากับ 0.086 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 2

ตอนที่ 2.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนและในกลุ่มที่เปรียบเทียบการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน นำเสนอผลการวิเคราะห์ดังนี้

2.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ของความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียน และหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่

กลุ่มทดลอง	N	\bar{X}	SD	t	p
กลุ่มยืดหยุ่น					
ก่อนเรียน	11	16.09	3.27	-2.456	0.034*
หลังเรียน	11	17.80	1.72		
กลุ่มคงที่					
ก่อนเรียน	12	14.75	4.90	-2.313	0.041*
หลังเรียน	12	17.46	1.56		

*p < .05

จากตารางที่ 10 พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ มีคะแนนการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนของทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากับ 16.09, 17.80 และ 14.75, 17.46 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาพบว่าค่า p ของทั้งสองกลุ่มเท่ากับ 0.034 และ 0.041 แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

2.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ของความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น และกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่

กลุ่มทดลอง	N	\bar{X}	SD	t	p
หลังเรียน					
ยืดหยุ่น	11	17.80	1.72	0.499	0.616
คงที่	12	17.46	1.56		

จากตารางที่ 11 พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ เท่ากับ 17.80 และ 17.46 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน

ด้วยการทดสอบด้วย Independent t- test พบว่า ค่า p เท่ากับ 0.616 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น และกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่แตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีสาระของการวิจัยดังนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานสามารถมีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานสามารถมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกัน
4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่ต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานมีความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกัน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร
ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2556 ในสังกัดสำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ
2. กลุ่มตัวอย่าง
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 23 คน โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่เรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ด้วยการเลือกที่เจาะจง

ด้วยเกณฑ์ 1) เป็นโรงเรียนที่เปิดสอนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์มาต่อเนื่อง 2) มีความพร้อมของชุดอุปกรณ์และบุคลากรสอน กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น จำนวน 11 คน และกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบคงที่ จำนวน 12 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยเครื่องมือ 2 แบบ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย
 - 1.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาโปรแกรมหุ่นยนต์ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่
 - 1.2 เว็บไซต์ในการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
 - 1.3 วิดีทัศน์เสริมความรู้
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วย
 - 2.1 แบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
 - 2.2 แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
 - 2.3 แบบทดสอบการแก้ปัญหาในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
 - 2.4 แบบประเมินการทำโครงการหุ่นยนต์

การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการเตรียมกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย
 - 1.1 การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ เว็บไซต์ในการเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ แบบวัดความรู้ก่อนเรียน แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ แบบทดสอบการแก้ปัญหา และแบบประเมินการทำโครงการในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
 - 1.2 การเตรียมกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 23 คน จัดกลุ่มแบบอิสระความสามารถ แบ่งเป็นกลุ่มที่จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่น จำนวน 12 คน และกลุ่มที่จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบคงที่ จำนวน 11 คน
2. การดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดลองด้วยตนเองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ปีการศึกษา 2556 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ใช้เวลาทดลองทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สรุปผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและคงที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและนักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและนักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผลการวิจัย

1. จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

ในการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ได้มีการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพทั้งสองแบบเข้ามาช่วยสนับสนุนให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ได้ โดยมีการใช้บทเรียนบนเว็บ ซึ่งในบทเรียนบนเว็บแบ่งออกเป็นตอนสั้นๆ แต่ละตอน ออกแบบตามลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้ จัดลำดับจากง่ายไปหายาก ทำให้นักเรียนเกิดความคิดวิเคราะห์ โดยใช้เทคนิค Advance organizers ของ ออซูเบล ที่เน้นความสำคัญของผู้สอนมีหน้าที่จัดเตรียมเรียงความรู้อย่างมีระบบ และสอนความคิดรวบยอดใหม่ ให้แก่ผู้เรียนที่จะต้องได้เรียนรู้ (สุรงค์ ไคว้ตระกูล, 2553) และยังมีเครื่องมือบนเว็บตัวอย่างโปรแกรม แหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ที่ผู้สอนเตรียมจากปัญหาที่นักเรียนมักพบในการทำงาน สอดคล้องกับ (อรรถจัน บัณญัติ, 2550) ที่ได้ศึกษาเรื่อง การนำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บด้วยกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ทรัพยากรเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดเชิงวิเคราะห์ และการใช้สารสนเทศในการแก้ปัญหาของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีพัฒนาการคิดเชิงวิเคราะห์โดยใช้ทรัพยากรเป็นฐานสูงขึ้นก่อนการทดลอง รวมทั้งวิทัศน์เสริมความรู้ ที่ไม่มีสรุปตอนท้าย สำหรับการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและวิทัศน์เสริมความรู้ที่มีสรุปตอนท้ายเป็นลำดับขั้นในการเสริมศักยภาพแบบคงที่ โดยในวิทัศน์เสริมความรู้ จะได้เห็นตัวอักษร สัญลักษณ์รูปต่างๆ ภาพ ภาพเคลื่อนไหว กราฟิก แผนภาพที่สื่อให้เข้าใจลักษณะการทำงานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ ทำให้เข้าใจในเรื่องนั้นได้ดีขึ้น รวมทั้งฟังเสียงบรรยายพร้อมอุปกรณ์ที่แสดง ซึ่งการได้ฟังเสียงและการเห็นภาพจะช่วยทำให้การเรียนรู้ดีขึ้น ทำให้ใช้เวลาน้อยในการทำ

ความเข้าใจในเนื้อหาได้ลึกซึ้ง รวดเร็ว และจดจำได้นาน และสามารถนำไปปฏิบัติได้เป็นรูปธรรม ดังที่ Riber (1990) พบว่าการเคลื่อนไหวของภาพต่างๆ ช่วยให้เกิดการระลึกได้ เมื่อสิ่งนั้นเป็นความจริง เป็นความคิดรวบยอดหรือหลักการได้

นอกจากนี้ในการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นได้มีการใช้สื่อกลุ่มในการแสดงความคิดเห็น ซึ่งเป็นการเสริมศักยภาพแบบกระบวนการ เพื่อให้นักเรียนเกิดคิดวิเคราะห์จากการประสบการณ์ตรง ในการปฏิบัติ ส่วนในการเสริมศักยภาพแบบคงที่ ได้เตรียมแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการเสริมศักยภาพแบบกลยุทธ์ ไว้ให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าความรู้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชา สามารถวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนจำเป็นต้องใช้เวลาในการพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน นักเรียนจึงจำเป็นต้องฝึกการคิดวิเคราะห์จากการฝึกปฏิบัติ โดยใช้การทำโครงการที่ได้ผลลัพธ์เป็นรูปธรรม ผลจากการฝึกปฏิบัติจะช่วยให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ได้ ดังที่ ธเนศ ปานอุทัย (2556) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของครูที่เน้นการสอนแบบโครงการเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ของนักเรียนโรงเรียนวัดบางหลวง ผลการทดลองพบว่า ครูมีความสามารถในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสอนแบบโครงการเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์หลังการใช้รูปแบบสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งนักเรียนมีความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ของครูที่เน้นโครงการอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ในระหว่างการดำเนินกิจกรรม และผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ ผู้สอนเป็นผู้เสริมศักยภาพโดยมีบทบาทที่มีความแตกต่างกันในการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพทั้งสองแบบ มีดังนี้ บทบาทของผู้สอนในการใช้เทคโนโลยีการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นประกอบด้วย 1) ผู้สอนให้คำแนะนำตามความต้องการและความสนใจของผู้เรียนเฉพาะเรื่อง 2) ผู้สอนให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนเป็นรายบุคคล 3) ผู้สอนให้คำแนะนำเกี่ยวกับกระบวนการคิด เป็นการวางแผน สร้างแนวคิด แนะนำวิธีการใช้แหล่งทรัพยากรและเครื่องมือในการเรียน 4) ผู้สอน ตรวจสอบและเฉลยให้ทราบในภายหลัง เนื่องจากผู้สอนตรวจสอบคำตอบของผู้เรียนเป็นรายบุคคล 5) ใช้การเสริมศักยภาพแบบกระบวนการ เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จักเครื่องมือ อุปกรณ์ เสนอแนะวิธีการทำงานให้แก่ผู้เรียน ส่วนบทบาทของผู้สอนในการใช้เทคโนโลยีการเสริมศักยภาพแบบคงที่ประกอบด้วย 1) ผู้สอนให้การชี้แนะ ช่วยเหลือ ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า โดยอยู่บนพื้นฐานของปัญหาที่กลุ่มผู้เรียนทั่วไปในการทำงาน 2) ผู้สอนให้คำแนะนำทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม 3) ผู้สอนช่วยสร้างความคิดรวบยอดให้กับผู้เรียน โดยการให้เหตุผลเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อน 4) ผู้สอนตรวจสอบงานและเฉลยให้ทราบในทันที เนื่องจากมีค่าเฉลยเตรียมไว้ล่วงหน้าทำให้เกิดผลดีแก่ผู้เรียนที่พิจารณาแก้ไขสิ่งผิดพลาดได้ทันที ถ้าเป็นคำชมก็จะมีภูมิใจมากขึ้น 5) ผู้สอนใช้การเสริมศักยภาพแบบกลยุทธ์เพื่อให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ วางแผน ยุทธศาสตร์ ตัดสินใจเลือกสารสนเทศที่ต้องการนำไปสู่การหาทางออกในการแก้ปัญหา จากการช่วยเหลือของผู้สอนทำให้นักเรียนสามารถปรับตัวให้เหมาะสมกับความต้องการในการเรียนรู้ของตนเองและระดับความเข้าใจของตนเอง การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับนักเรียนอย่างใกล้ชิด ทำให้ผู้สอนสามารถให้ความช่วยเหลือนักเรียนเป็นรายบุคคลได้มากขึ้น จึงทำให้ผู้สอนสามารถช่วยเหลือให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง และประสบความสำเร็จในการทำงานที่ซับซ้อนได้ การเสริมศักยภาพนี้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Hannafin (2000) ที่กล่าวไว้ว่าการเสริมศักยภาพเป็นสิ่งจำเป็นในการช่วยสนับสนุนให้เกิดการคิดวิเคราะห์ขึ้น

จากกระบวนการในการเสริมศักยภาพให้กับนักเรียนและ บทบาทที่แตกต่างกันของผู้สอน รวมทั้งการฝึกปฏิบัติของนักเรียนในการเรียนโดยใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพทั้งสองแบบมาสนับสนุนในการเรียนการสอน ทำให้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

การแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพจะต้องได้รับการฝึกปฏิบัติจากสถานการณ์จริง ซึ่งในกระบวนการแก้ปัญหานี้จะเกิดขึ้นภายหลังการคิดวิเคราะห์ ดังที่ผู้วิจัยได้อภิปรายไว้ในข้อที่ 1 ที่พบว่าการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้กับนักเรียนในการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์แล้ว การเสริมศักยภาพทั้งสองแบบยังช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอีกด้วย เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหาในสภาพหรือสถานการณ์จริง ได้ฝึกหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลจนสามารถค้นหาคำตอบได้ว่า อะไรเป็นสาเหตุและมีความเชื่อมโยงกันอย่างไร มีขั้นตอนประกอบด้วยอะไรบ้างและแนวทางการแก้ปัญหามีอะไรบ้าง ถ้าทำเช่นนั้นจะเกิดอะไรขึ้นในอนาคต (ลักขณา สิริวัฒน์, 2549) จนนักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถแก้ปัญหาได้ จะเห็นได้ว่าการคิดวิเคราะห์เป็นพื้นฐานในการนำไปสู่การแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนที่เรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ผู้วิจัยใช้การเสริมศักยภาพทั้งสองแบบมาสนับสนุน การเสริมศักยภาพทั้งสองแบบได้แก่ การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ โดยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นนั้น มีการใช้บทเรียนบนเว็บที่จัดบทเรียนออกเป็นระบบ ขั้นตอน และมีความต่อเนื่อง มาช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Garrison (1997) ที่พบว่าการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยเป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอน จะทำให้ผู้เรียนจะมีความสุขและมีแรงจูงใจในการมีส่วนร่วมกับบทเรียน ควรมีการส่งเสริมให้ใช้การเรียนการสอนด้วยเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยมีการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในแต่ละแผนแบ่งออกเป็น 3 ตอน ในตอนที่ 1 และตอนที่ 2 ของแผนการจัดการเรียนรู้ ที่มีวิดีโอเสริมความรู้ที่ไม่มีสรุปตอนท้าย ซึ่งในแต่ละตอนของวิดีโอเสริมความรู้ได้มีเรียงลำดับเรื่องจากง่ายไปยาก และมีการใช้ตัวชี้แนะ (Cue) สำหรับเนื้อหาที่ยากและสลับซับซ้อน อาทิเช่น การให้ข้อสังเกตหรือข้อควรระวังต่างๆ (Trick and Tip) รวมทั้งการใช้แถบข้อความ วงกลม ลูกศรที่สีแตกต่างกัน และมีการเน้นข้อความที่สำคัญ โดยใช้กราฟิกในลักษณะต่างๆ เช่น แผนภาพ ภาพมาช่วยเปรียบเทียบให้เห็นข้อแตกต่าง เพื่อแสดงข้อมูลหรือข้อความที่ต้องการเน้น ซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหา ดังที่ (Gagné, Briggs, & Wagner, 1988) กล่าวถึง การให้เนื้อหาและความรู้ใหม่ ควรใช้ภาพประกอบกับเนื้อหาที่กะทัดรัด ง่ายและได้ใจความ ภาพที่ดีไม่ควรมีรายละเอียดมากเกินไป ทำให้เข้าใจได้ยาก ส่วนเนื้อหาที่สำคัญและสลับซับซ้อนควรใช้ตัวชี้แนะ (Cue) เช่นการขีดเส้นใต้ การตีกรอบ การเปลี่ยนสีพื้น แต่ไม่ควรใช้กราฟิกที่ยาก อาจใช้กราฟิกในลักษณะต่างๆ เช่น แผนภูมิ แผนภาพ ภาพ มาช่วยเปรียบเทียบ ควรยกตัวอย่างที่เข้าใจง่าย และไม่ควรรีบบรรยากาศ 3 สีใน

จอสี่ จะเห็นได้ว่า การนำเสนอในวีดิทัศน์เสริมความรู้มีการผสมผสานของกราฟิก สี ภาพ เคลื่อนไหว และมีการนำเสนอการเปรียบเทียบและการให้ตัวอย่างที่มีความแตกต่างกัน ตรงตามที่ Gagne (1985) ได้กล่าวไว้ว่า การนำเสนอเนื้อหาควรกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่ พร้อมทั้งนำเสนอตัวอย่างที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยอธิบายความคิดรวบยอดใหม่ให้ชัดเจน และนำเสนอตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างที่ถูกต้องด้วย เพื่อให้ผู้เรียนเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ถูกต้อง และควรให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมกับเนื้อหาที่ยาก

สำหรับการเสริมศักยภาพแบบคงที่นั้นมีการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ ในแต่ละแผนแบ่งออกเป็น 3 ตอน ในตอนที่ 1 และตอนที่ 2 ของแผนการจัดการเรียนรู้มีวีดิทัศน์เสริมความรู้ที่มีสรุปตอนท้ายเป็นลำดับขั้น ส่วนในตอนที่ 3 เป็นการให้โจทย์ให้นักเรียนฝึกการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน และในตอนท้ายของการเรียนนักเรียนได้แสดงความคิดเห็นผ่านกระดานสนทนา และมีการให้แหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ ในการเสริมศักยภาพแบบคงที่นั้นมีการใช้เครื่องมือติดต่อสื่อสารบนเว็บ คือ กระดานสนทนา (web board) การถามคำถามผู้เรียนผ่านทางกระดานสนทนา (web board) นี้สามารถรองรับการทำงานเป็นกลุ่ม และสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน มีการอภิปรายโต้ตอบความคิดเห็นกับสมาชิกคนอื่นๆ เพื่อหาข้อสรุป เป็นการส่งเสริมให้เพื่อนช่วยเพื่อนให้เกิดการเรียนรู้ เครื่องมือนี้ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้ เพราะผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็น ความรู้ หรือการถามคำถาม จนนำไปสู่คำตอบหรือข้อสรุป ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Hannafin (1999) ที่พบว่าการนำการเสริมศักยภาพแบบคงที่มาใช้ในการแก้ปัญหา ช่วยทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยใช้เหตุผลเพื่อมาแก้ไขปัญหาและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนเอง การบอกใบ้ของผู้สอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาได้ หรือเพื่อให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งทรัพยากรอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจจนสามารถแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง เป็นการเสริมศักยภาพด้านความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) มาสนับสนุน ให้ผู้เรียนเพิ่มพูนความรู้ใหม่ต่อจากความรู้เดิม เชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับสิ่งที่ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า จึงทำให้ผู้เรียนมีแนวทางการแก้ปัญหาและความสามารถในการแก้ปัญหาได้พัฒนาขึ้น นอกจากนี้ในกระบวนการเรียนรู้ได้มีการจัดกิจกรรมการเสนอสถานการณ์ที่เป็นปัญหาจากหน่วยต่างๆ ของการเรียนการสอน และมีการฝึกขั้นการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 1) ขั้นการระบุปัญหา 2) ขั้นการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา 3) ขั้นการเสนอวิธีการแก้ไขปัญหา 4) ขั้นการตรวจสอบผลการแก้ปัญหา การช่วยเสริมศักยภาพในลักษณะนี้ทำให้การเรียนเป็นไปได้ง่าย และผู้เรียนสามารถนำเอาความรู้เหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและสามารถแก้ปัญหาได้ (Eggen & Kauchank, 1997)

และในตอนที่ 3 เป็นการให้โจทย์ให้นักเรียนฝึกการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน การฝึกปฏิบัติในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยทดสอบผ่านการทำงานหุ่นยนต์นั้น ทำให้นักเรียนสามารถทดลองได้ตามต้องการ และเห็นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากทดลองการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของตนเองทันที ว่าสิ่งที่นักเรียนคิดและต้องการทำนั้นถูกต้องและสามารถทำได้หรือไม่ ผิดพลาดติดขัด หรือบกพร่อง ขาดความระมัดระวังตรงจุดใด ก็สามารถทดลองแก้ไข ซ้ำจนพบสิ่งที่ถูกต้อง และตรงกับความต้องการของนักเรียนที่เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไว้ รู้ถึงปัญหา สาเหตุ วิธีการแก้ปัญหา และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งเห็นผลเป็นรูปธรรมได้ในทันที ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการ

แก้ปัญหา สอดคล้องกับแนวคิดของ Papert (1980) ที่นำเสนอทฤษฎีการสร้างสรรคด้วยปัญญา Constructionism ที่เน้นเรื่องการเรียนรู้ด้วยการลงมือทำ (Learning by doing) การจัดการเรียนการสอนตามแนวการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา ผู้สอนจะต้องให้ผู้เรียนได้ลงมือสำรวจ ทดลอง ฝึกปฏิบัติและทำกิจกรรมต่างๆด้วยตนเองตลอดจนทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วยซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจได้โดยตรงผ่านประสบการณ์ตรงของตัวเองไม่ได้มาจากการถ่ายทอดจากผู้สอน

ในตอนท้ายของการเรียน นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นจากการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ในหน่วยต่างๆ และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนผ่านบล็อกกลุ่ม เป็นการส่งเสริมให้เพื่อนช่วยเพื่อนให้เกิดการเรียนรู้ เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนสู่เพื่อน (Peer interaction) เนื่องจากบล็อกกลุ่มนั้นจัดว่าเป็นการเสริมศักยภาพแบบกระบวนการ และมีไว้ให้สมาชิกในกลุ่มเขียนบันทึกที่ได้จากการสรุปการฟังบรรยาย การศึกษาค้นคว้ามาเพิ่มเติม เผยแพร่ แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม และรวมอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นวิธีการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ในหน่วยต่างๆ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันนี้ยังช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนอีกด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Richardson (2009) ที่กล่าวว่า การเขียนบล็อกช่วยพัฒนาศักยภาพในตัวผู้เรียนทำให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและสร้างสัมพันธ์กับเพื่อนได้ ดังที่ โจทิพย์ ณ สงขลา (2550) พบว่าการใช้บล็อกช่วยให้เกิดการสะท้อนความคิดในงานกลุ่มสามารถวิพากษ์ของผู้อื่นได้

หลังจากที่ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาโดยได้ฝึกคิดและปฏิบัติในตอนท้ายของหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละครั้งแล้ว การทำโครงงานของนักเรียนจะเป็นการบูรณาการความรู้ทั้งหมดที่นักเรียนได้เรียนมาก่อนหน้านี้มาเป็นฐานความรู้ในการทำโครงงาน ซึ่งในการทำโครงงานนักเรียนจะได้คิดวางแผน ออกแบบและลงมือสร้างโครงงาน การทำโครงงานของนักเรียนจัดว่าเป็นกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน กล่าวคือเมื่อนักเรียนได้สร้างโครงงานของตนเองตามความสนใจแล้ว นักเรียนจะได้เรียนรู้จนเกิดความเข้าใจในสิ่งนั้นได้อย่างลึกซึ้ง เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์และความรู้ที่หลากหลาย เพราะสิ่งที่นักเรียนสร้างนั้นจะเป็นโจทย์ท้าทายให้เกิดการเรียนรู้ที่น่าสนใจสำหรับนักเรียน เช่น การออกแบบสนามแข่งขันให้กับหุ่นยนต์ นักเรียนจะต้องใช้ความรู้ที่หลากหลายที่ได้เรียนรู้ผ่านฐานการเรียนรู้มาแล้ว นำมาใช้ในการสร้างสนามแข่งขันว่าจะต้องมีลักษณะอย่างไรบ้างที่ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้จนจบ ทำอย่างไรหุ่นยนต์จึงสามารถเคลื่อนที่หลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ การเคลื่อนที่ตามเส้นของหุ่นยนต์เกิดจากกระบวนการทำงานอะไรบ้าง และนักเรียนจะทำให้หุ่นยนต์ของตนเองนั้นเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปจนจบในสนามแข่งขันที่มีการออกแบบในลักษณะต่างๆ ได้อย่างไร เป็นต้น ในระหว่างการทำโครงงานนักเรียนจะได้สะท้อนความคิดของตนเองผ่านทางบล็อกกลุ่ม กระดานสนทนา และเป็นการให้นักเรียนได้ฝึกทบทวน เรียนรู้จากประสบการณ์ ในการหาหนทางแก้ไขปัญหาในการพัฒนาโครงงาน หรือให้โครงงานสำเร็จลุล่วงการที่นักเรียนได้เห็น เข้าใจ และฝึกฝนในการทำโครงงานจึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา กิจกรรมที่นักเรียนได้ทำในโครงงานหุ่นยนต์นั้นสอดคล้องกับหลักการพื้นฐานของการโครงงานคือ 1) นักเรียนได้คิดและออกแบบสนามแข่งขันหุ่นยนต์ด้วยตนเอง 2) นักเรียนเป็นผู้ที่ลงมือสร้างสนามแข่งขันหุ่นยนต์ด้วยตนเอง โดยเริ่มจากรูปแบบสนามที่ตนเองสนใจ หรือจากปัญหาที่นักเรียนที่พบในระหว่างปฏิบัติงาน โดยมีผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยการเรียนรู้ (Facilitator) ซึ่งเป็นผู้คอยชี้แนะและให้คำแนะนำกับนักเรียน 3) นักเรียนได้เกิดกระบวนการสะท้อนความคิด

(Reflecting) ซึ่งจะเป็นการให้นักเรียนได้ฝึกฝนสะท้อนความคิด ระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้จากประสบการณ์ต่างๆ ที่ผ่านไป ทำให้เกิดความตระหนักในสิ่งที่ได้เรียนรู้ ได้เรียนรู้เชิงประจักษ์ (เห็นได้ด้วยตนเอง) ว่าตนเรียนรู้ได้อย่างไร และแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้อย่างไร การสะท้อนความคิดนี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญมาก เพราะเป็นการฝึกฝนกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ที่จะค่อยๆ สังเกตประสบการณ์จากการคิดทบทวนสิ่งที่ตนเองได้ทำจะเห็นได้ว่าโครงการเป็นกิจกรรมที่ช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมาย ที่ช่วยส่งเสริมศักยภาพที่มีอยู่แล้วในนักเรียนให้ได้พัฒนาอย่างเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับที่ Kafai and Resnick (1996) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแนวการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา ดังนี้ 1) กิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการวางแผนการทำงาน 2) กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติงาน 3) กิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากงานที่ทำ 4) กิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ศึกษาผลจากการลงมือทำหรือแก้ปัญหา

สรุปได้ว่ากิจกรรมทั้ง 4 ประการนี้ เป็นกิจกรรมที่เน้นการเรียนรู้โดยการลงมือทำ โดยการทำงานผ่านโครงการต่างๆ หรือทำเป็นกลุ่มโดยเน้นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นสำคัญในการคิดแก้ปัญหาขณะลงมือทำผลงาน ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ไม่มีที่สิ้นสุด

การเสริมศักยภาพหลากหลายวิธีในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ที่ผู้วิจัยอภิปรายดังข้างต้น สนับสนุนให้นักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาหลังเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผู้วิจัยมีประเด็นการอภิปรายผลการวิจัยดังนี้

ในการทำโครงการ มีขั้นตอนในการทำโครงการทั้งหมด 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ระบุปัญหาว่าจะสร้างสนามแข่งขันหุ่นยนต์อย่างไร โดยใช้ความรู้ที่เรียนมา 2) . ตั้งสมมุติฐานว่า สนามที่นักเรียนสร้างขึ้นหุ่นยนต์สามารถเดินตั้งแต่เริ่มต้นไปจนสุดท้ายได้ 3) รวบรวมข้อมูล โดยนักเรียนศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์ และค้นคว้าหาลักษณะการออกแบบของสนามที่ใช้ในการแข่งขัน ดำเนินการทดลองเขียนโปรแกรม ติดตั้งอุปกรณ์ในการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น ให้หุ่นยนต์เดินตามเส้นที่กำหนด โดยมีครูคอยชี้แนะ ให้ค้นคว้าเพิ่มเติม ตามความต้องการของนักเรียน 4) วิเคราะห์ผล โดยนำผลที่ได้จากการทดสอบกับหุ่นยนต์และสนามไปวิเคราะห์ว่ามีปัญหาหรือเกิดความผิดพลาดจากส่วนใด หุ่นยนต์ทำงานได้ตามโปรแกรมที่ตั้งไว้หรือไม่ ให้ผลตามที่ต้องการหรือมีปัญหาว่าเกิดขึ้นจากอะไร และต้องแก้ไขอย่างไรบ้าง 5) . สรุปผลหลังจากที่ทดสอบกับหุ่นยนต์และสนามจนเป็นที่พอใจและแน่ใจแล้ว จึงทำการสร้างสนามแข่งขันและควบคุมหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการแข่งขันกับกลุ่มเพื่อนที่ทำโครงการด้วยกันในตอนสิ้นสุดการทำโครงการ ในขั้นการทำโครงการที่ 3 ได้ใช้การเสริมศักยภาพด้วยการใช้ วิดีทัศน์เสริมความรู้ บล็อกกลุ่ม กระดานสนทนา และแหล่งการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียนการทำโครงการ ส่วนขั้นการทำโครงการขั้นอื่นๆ เป็นการเสริมศักยภาพโดยบุคคลหรือผู้สอน

ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์นี้เป็นวิชาที่ประกอบด้วยศาสตร์ต่างๆ อาทิเช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความซับซ้อนในการเรียนรู้ ทำให้เข้าถึงความรู้ในเนื้อหานั้นได้ยาก จากสาเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องปูพื้นฐานความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ในสัปดาห์ที่ 1-8 เพื่อนำไปประยุกต์ในการทำโครงการในการสอนในสัปดาห์ที่ 9-12 ต่อไปเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะในกระบวนการคิดวิเคราะห์และทักษะในการแก้ปัญหาได้ เนื่องจากเป็นกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกตื่นเต้น (Kolberg & Nahum, 2001) และยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ รวมถึงกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดในการแก้ปัญหา ทักษะการลงมือปฏิบัติ กระบวนการกลุ่ม (Kin & Heng, 1999) จากวิชาดังกล่าวนี้ ที่มีความยากในการเข้าถึงเนื้อหาสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 จึงจำเป็นต้องช่วยเหลือให้นักเรียนเข้าถึงความรู้ โดยการเสริมศักยภาพ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยแต่ละคนมีการรับรู้หรือเข้าถึงความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่ซับซ้อนได้ไม่เท่ากัน รวมทั้งการถ่ายทอดความรู้และแสดงออกไม่เหมือนกัน จำเป็นต้องช่วยเหลือให้เด็กที่ด้อยกว่านักเรียนคนอื่นให้สามารถทำงานได้ สอดคล้องกับ ไวก้อทสกี พบว่า เด็กบางคนเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องให้ผู้ใหญ่คอยช่วยเหลือ แต่เด็กบางคนไม่สามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ด้วยตนเอง แต่ถ้าผู้ใหญ่ให้ความช่วยเหลือเพียงเล็กน้อยก็ทำได้ แต่เด็กบางคนไม่สามารถเรียนรู้ได้แม้ว่าจะได้รับการช่วยเหลือ และได้อธิบายว่า เด็กแต่ละคนในวัยเดียวกันจะมีบริเวณใกล้เคียงพัฒนาการทาง เซาว์ปัญญาแตกต่างกัน บางคนอยู่เหนือ Zone of Proximal growth บางคนอยู่ระหว่าง บางคนอยู่ต่ำ ซึ่งต้องได้รับความช่วยเหลือจึงจะสามารถทำงานได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ในการสอนเด็ก ผู้สอนสามารถเอื้ออำนวยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ได้ถ้าทราบพัฒนาการทางเซาว์ปัญญาของเด็กอยู่ในส่วนที่ใกล้เคียงกับระดับที่จะรับรู้ หรือค้นพบความรู้ที่ผู้สอนให้ :ซึ่ง ไวก้อทสกีเรียกว่าวิธีการช่วยเหลือว่า “Scaffolding” หรือ “Assisted Learning” (สุรงค์ ไคว์ตระกูล, 2553)

ในการเรียนของแต่ละกลุ่มด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบที่แตกต่างกัน กำหนดให้เวลาในการทำโครงการ กลุ่มละ 4 ครั้ง 8 ชั่วโมง ที่สามารถจะทำให้เกิดการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาในงานปฏิบัติได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาอันสั้น ทำให้ผลของความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการเสริมศักยภาพไม่ชัดเจน ถ้าเพิ่มเวลาให้มากกว่านี้ จะทำให้นักเรียนมีประสิทธิภาพได้เต็มที่ตามศักยภาพที่มีอยู่โดยกำหนดให้เรียนความรู้พื้นฐาน 12 ชั่วโมง และการทำโครงการ 12 ชั่วโมง กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จะเหมาะสมกว่า

อีกทั้งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นกลุ่มตัวอย่างเฉพาะที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นวิชาเลือก มีจำนวนน้อย จัดว่าเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก คือ กลุ่มที่ 1 (ยี่ดหุน) มีจำนวน 11 คน กลุ่มที่ 2 (คงที่) มีจำนวน 12 คน อาจเป็นเหตุให้การวัดผลไม่เกิดความเที่ยง ส่งผลให้คะแนนค่าเฉลี่ยของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกันมาก ถ้าหากมีจำนวนนักเรียนที่เข้ามาเรียนวิชานี้เพิ่มสูงขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มจะกระจายกันมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไม่มีความแตกต่างกันในกลุ่มนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

งานวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณาถึงรูปแบบการเรียนรู้ (Learning style) ของนักเรียน จากการวิจัยผู้วิจัยพบว่ากลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มเป็นเด็กนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความกระตือรือร้น ชอบ

ค้นคว้าทดลอง ค้นหาคำตอบด้วยตนเอง สนใจทำกิจกรรมที่ได้ลงมือปฏิบัติ สอดคล้องกับ นิภา แก้วศรีงาม (2547) ที่ระบุว่า การเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสริมศักยภาพทำให้ผู้เรียนรู้จักคิด รู้จักแก้ปัญหา รู้จักการแสวงหาความรู้ ปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ ทำให้ผู้เรียนมีพลังในการเรียนรู้ ซึ่งเป็นรูปแบบของการเรียนรู้ที่ดี ส่งผลให้ผู้เรียนเป็นบุคคลที่ “คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น” นักเรียนจึงสนใจเข้าเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ซึ่งเป็นวิชาเลือกเสรี ที่มีการสอนให้นักเรียนได้ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติจากสถานการณ์จริง

อาจมีสาเหตุจากในการเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น จะเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะประกอบด้วย 3 ตอน ในตอนที่ 1 ว่าด้วยการติดตั้งอุปกรณ์และปฏิบัติ โดยใช้วิดีโอทัศน์เสริมความรู้ ที่ไม่มีสรุปตอนท้าย ซึ่งเป็นการเสริมศักยภาพแบบกระบวนการคิด ช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ในขั้นจำแนก แยกแยะข้อมูลสารสนเทศ และตอนที่ 2 เป็นการเขียนโปรแกรมทดสอบอุปกรณ์โดยใช้วิดีโอทัศน์เสริมความรู้ที่ไม่มีสรุปตอนท้าย ซึ่งเป็นการเสริมศักยภาพแบบกระบวนการคิด ช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ในขั้นการเข้าใจความสัมพันธ์ของเรื่องที่ศึกษา ส่วนตอนที่ 3 เป็นการให้โจทย์ในการฝึกการคิดแก้ปัญหา เป็นการฝึกการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน ทำให้นักเรียนได้ฝึกคิดฝึกแก้ปัญหา ทำให้การแก้ปัญหาเห็นผลชัดเจน ช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาในตั้งแต่ขั้น การรู้ว่าปัญหาคืออะไร การหาสาเหตุของปัญหา การหาแนวทางการแก้ไขปัญหา และการตัดใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และในตอนท้ายของการเรียน ได้ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ผ่านทางบล็อกกลุ่ม ซึ่งเป็นการเสริมศักยภาพแบบกระบวนการเพื่อให้นักเรียนเกิดคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาจากการประสบการณ์ตรงในการปฏิบัติ

ส่วนในการเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ จะเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะประกอบด้วย 3 ตอน ในตอนที่ 1 ที่ว่าด้วยการติดตั้งอุปกรณ์และปฏิบัติ โดยใช้วิดีโอทัศน์เสริมความรู้ที่มีสรุปตอนท้ายเป็นลำดับขั้น ซึ่งเป็นการเสริมศักยภาพแบบความคิดรวบยอด ช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ในขั้นเข้าใจเรื่องที่ศึกษา และตอนที่ 2 เป็นการเขียนทดสอบอุปกรณ์โดยใช้วิดีโอทัศน์เสริมความรู้ที่มีสรุปตอนท้ายเป็นลำดับขั้น ซึ่งเป็นการเสริมศักยภาพแบบความคิดรวบยอด ช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ในขั้นการเข้าใจความสัมพันธ์ของเรื่องที่ศึกษา ส่วนตอนที่ 3 เป็นการให้โจทย์ในการฝึกการคิดแก้ปัญหา เป็นการฝึกการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน ทำให้นักเรียนได้ฝึกคิดฝึกแก้ปัญหา ทำให้การแก้ปัญหาเห็นผลชัดเจน ช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาในตั้งแต่ขั้น การรู้ว่าปัญหาคืออะไร การหาสาเหตุของปัญหา การหาแนวทางการแก้ไขปัญหา และการตัดใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และในตอนท้ายของการเรียน ได้ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ผ่านทางกระดานสนทนา และมีการให้แหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ซึ่งเป็นการเสริมศักยภาพแบบกลยุทธ์เพื่อให้นักเรียนเกิดคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาจากการประสบการณ์ตรงในการปฏิบัติ จะเห็นได้ว่าแต่ละขั้นของการเรียนการสอนมุ่งให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ โดยเฉพาะในขั้นตอนที่ 3 ที่เป็นการฝึกคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาจากโจทย์ที่ผู้สอนกำหนดให้ ซึ่งในการคิดวิเคราะห์นั้นนักเรียนได้ฝึกการวิเคราะห์เนื้อหาหลักการ ความสัมพันธ์ และ ยังได้ฝึกการระบุปัญหา วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เสนอแนวทางการ

แก้ไข้ปัญหา และตรวจสอบผลการแก้ไข้ปัญหา สำหรับการพัฒนาทักษะการแก้ไข้ปัญหาของนักเรียนอีกด้วย

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งเนื้อหาของบทเรียนบนเว็บและวีดิทัศน์เสริมความรู้ออกเป็นตอนสั้นๆ ตามความสำคัญที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ ตามลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค Advance organizers ของ ออซูเบล ที่กล่าวว่า ผู้เรียนจะเข้าใจบทเรียนที่จะสอนได้ดี และมีการเรียนรู้ด้วยความหมาย ขึ้นอยู่กับการจัด การเรียบเรียงข้อมูลข่าวสารที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ออกเป็นหมวดหมู่ หรือให้หลักการกว้างๆ ก่อนที่ผู้เรียนจะได้เรียนความรู้ใหม่ หรือแบ่งบทเรียนออกเป็นหัวข้อที่สำคัญๆ และหากมีความคิดรวบยอดใหม่ที่สำคัญเกี่ยวกับหัวข้อที่จะเรียนรู้ใหม่ ควรจะอธิบายให้ผู้เรียนทราบก่อนที่จะสอนในหน่วยการเรียนรู้ใหม่นั้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้ใหม่และช่วยความจำได้ดีขึ้นส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์และการแก้ไข้ปัญหา ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ออกแบบให้เหมาะกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เริ่มเรียนการโปรแกรมหุ่นยนต์เป็นครั้งแรกและคำนึงถึงการให้ความช่วยเหลือในรูปของวีดิทัศน์ซึ่งช่วยให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มเกิดการคิดวิเคราะห์ อันประกอบด้วย 1) จำแนก แยกแยะข้อมูลสารสนเทศ 2) เข้าใจในเรื่องที่ศึกษา 3) อธิบายความสัมพันธ์ของเรื่องที่ศึกษา 4) ประเมิน ตัดสินใจเลือกคำตอบตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และการแก้ไข้ปัญหา อันประกอบด้วย 1) รู้ว่าปัญหาคืออะไร 2) หาสาเหตุของปัญหา 3) หาหนทางการแก้ไข้ปัญหาที่หลากหลาย 4) ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ไข้ปัญหาอย่างสมเหตุผล

การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ช่วยพัฒนานักเรียนทั้งสองกลุ่ม ดังนี้ 1) ความสามารถในการค้นหาข้อมูล นักเรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาได้มาก และมีความทันสมัยในการค้นหาข้อมูล และมีความสามารถในการแยกแยะความเหมาะสมของข้อมูล 2) ความสามารถในการติดต่อสื่อสารกับเพื่อนในกลุ่ม โดยใช้การเชื่อมโยงทางอินเทอร์เน็ต ทำให้นักเรียนสามารถติดต่อสื่อสารกับเพื่อนได้อย่างอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับวราภรณ์ ตรีกุลสุษดี (2545) ที่กล่าวว่าอินเทอร์เน็ตเป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการทำงานสูง มีบริการรูปแบบที่หลากหลาย สามารถเอื้อประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอนได้ดี การอภิปรายโดยใช้กระดานสนทนาทำให้นักเรียนสามารถติดต่อกันได้โดยไม่จำกัดเวลา ทำให้นักเรียนสามารถทำงานกลุ่มได้นอกเหนือจากเวลาเรียน ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในกิจกรรมนี้นอกจากนั้นการใช้ผังงาน (flow chart) ในตอนท้ายของการทำโครงการเป็นตัวสะท้อนหรือตรวจสอบความคิด บ่งชี้ได้ว่านักเรียนที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพทั้งสองแบบนี้สามารถสะท้อนให้รู้ว่่านักเรียนสามารถเกิดการคิดวิเคราะห์และการแก้ไข้ปัญหาได้ ดังที่ Mayer (1997) กล่าวว่า ผังงานเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับการสร้างหรือช่วยเหลือการคิด เพราะแสดงให้เห็นภาพของขั้นตอนการคิดมากกว่าผลของการคิด จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดผ่านขั้นตอนต่างๆ พิจารณาจากการตอบคำถามในรูปผังงาน ถึงสาเหตุที่ทำให้แข่งขันแพ้ และวิธีที่ทำให้แข่งขันชนะ มี 45.45 % ที่สามารถคิดวิเคราะห์และแก้ไข้ปัญหาได้อย่างชัดเจน อีก 36.36 % บอกวิธีการคิดวิเคราะห์และแก้ไข้ปัญหาได้ไม่ลุ่มลิก ไม่บอกวิธีการรายละเอียด และ 18.18 % ที่ไม่สามารถสะท้อนความคิดวิเคราะห์และแก้ไข้ปัญหาได้ ดังที่แสดงไว้ในภาคผนวก ค

จากเหตุผลดังกล่าว จะเห็นได้ถึงประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพทั้งสองแบบ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ออกแบบให้เหมาะกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เริ่มเรียนการโปรแกรม

หุ่นยนต์เป็นครั้งแรกและคำนึงถึงการให้ความช่วยเหลือในรูปของวีดิทัศน์ซึ่งช่วยให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาในระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ตลอดการทำวิจัย

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการศึกษาผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์ในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นนั้นผู้วิจัยได้ ใช้ การจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บ (Web-Based Instruction) การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ การเขียน flow chart การใช้วีดิโอเสริมศักยภาพในการเรียนรู้ การใช้บล็อก และออกแบบการศึกษาโดยกำหนดให้ผู้เรียนได้ทำโครงงานเป็นเวลา 4 ครั้ง หรือ 8 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาดังกล่าวสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้ เมื่อผู้สอนนำไปประยุกต์ใช้จึงควรจัดเวลาในการทำโครงงานอย่างต่ำ 8 ชั่วโมง และสามารถเพิ่มเวลาในการทำโครงงานเพื่อทำให้การจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และผู้สอนสามารถนำแนวทางของเทคโนโลยีการเสริมศักยภาพไปประยุกต์ใช้ในการสร้างสื่อการเรียนรู้ในวิชาอื่นๆ เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน

2. การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น ประกอบด้วย การจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บ(Web-Based Instruction) -CSCL การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ บล็อกกลุ่ม (blog) บทบาทผู้สอน ประกอบด้วย ให้คำแนะนำตามความต้องการของผู้เรียนเฉพาะเรื่อง ให้คำแนะนำเป็นรายบุคคล ให้คำแนะนำเกี่ยวกับกระบวนการคิด (Metacognitive Scaffolding) วางแผนสร้างแนวคิด ติดตามการทำงาน และบอกวิธีใช้เครื่องมือในการค้นหาคำตอบ มีการเสริมศักยภาพแบบกระบวนการ (Procedural Scaffolding) เป็นการช่วยเหลือโดยการแนะนำวิธีการใช้แหล่งทรัพยากรและเครื่องมือ เพราะต้องเกี่ยวข้องกับระบบและการทำงานของเรื่องที่ศึกษา และการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบคงที่ประกอบด้วย ประกอบด้วย การจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บ (Web-Based Instruction) CSCL การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ กระดานสนทนา (web board) บทบาทครูประกอบด้วย ให้ความช่วยเหลือตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ให้ความช่วยเหลืออยู่บนพื้นฐานของปัญหาที่กลุ่มผู้เรียนทั่วไปพบในขณะที่ทำงาน ให้คำแนะนำขณะผู้เรียนอยู่ในกระบวนการกลุ่ม (ขณะทำงานกลุ่ม) ช่วยสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual Scaffolding) ให้กับผู้เรียน การให้เหตุผลเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ใช้วิธีการบอกใบ้เพื่อแนะแนวทางให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งทรัพยากรหรือฐานข้อมูลได้ มีการเสริมศักยภาพแบบกลยุทธ์ (Strategies Scaffolding) โดยใช้ยุทธศาสตร์ในการเรียน คิดหาทางออกโดยวิธีแก้ปัญหาต่างๆ ผ่านทาง Web board ซึ่งผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

3. ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียน แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ แบบทดสอบการแก้ปัญหาในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ และแบบประเมินการทำโครงงานหุ่นยนต์ ผู้สอนสามารถประยุกต์นำแบบทดสอบและแบบประเมินดังกล่าวไปใช้กับนักเรียนที่ใช้หุ่นยนต์ชนิดเดียวกันกับการวิจัยในครั้งนี้ และจากผลการวิจัย พบว่า มีข้อบ่งชี้ถึงการใช้นโยบาย

เสริมศักยภาพที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน กล่าวคือ การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แบบยืดหยุ่น มีข้อแตกต่างกับแบบคงที่ ดังนี้ 1) ให้คำแนะนำตามความต้องการของผู้เรียนเฉพาะเรื่องและให้คำแนะนำเป็นรายบุคคล 2) ให้คำแนะนำเกี่ยวกับกระบวนการคิด วางแผน สร้างแนวคิดและติดตามงานของผู้เรียน 3) ใช้บล็อกกลุ่มเป็นเครื่องมือในการปฏิบัติงาน 4) ให้ชมวีดิทัศน์เสริมความรู้ที่ไม่มีการสรุปตอนท้าย 5) ตรวจสอบให้ภายหลังเพราะต้องตรวจเป็นรายบุคคล และ 6) ใช้การเสริมศักยภาพแบบกระบวนการที่แนะนำเครื่องมือและวิธีการใช้ในการค้นหาคำตอบ ส่วนกลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แบบคงที่นั้นจะให้ความช่วยเหลือดังนี้ 1) ให้การช่วยเหลือตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า และให้ค้นคว้าด้วยตนเอง 2) ให้คำแนะนำ ขณะที่ผู้เรียนอยู่ในกระบวนการกลุ่ม 3) สร้างความคิดรวบยอดให้กับผู้เรียน โดยหาเหตุผลเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อน และใช้วิธีการบอกใบ้เพื่อให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งทรัพยากร 4) ให้ชมวีดิทัศน์เสริมความรู้ที่มีการสรุปตอนท้ายเป็นลำดับขั้น 5) ใช้กระดานสนทนาเป็นเครื่องมือในการปฏิบัติงาน และ 6) ตรวจสอบให้ทันทีที่ส่งตรวจ เพราะได้เตรียมคำตอบไว้ล่วงหน้า 7) ใช้การเสริมศักยภาพแบบกลยุทธ์ เพื่อการตัดสินใจ วางแผนการแก้ปัญหา

ฉะนั้นในการเลือกนำการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบใดไปใช้ ผู้สอนควรเลือกให้เหมาะสม กับระยะเวลาและระดับชั้นของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้นำกลยุทธ์การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์ในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์ในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือ ระดับอาชีวศึกษา หรือ ระดับอุดมศึกษา

2. การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาตัวแปรความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาตัวแปรตามอื่น เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการกลุ่ม ทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี ทักษะทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

3. การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่ในการวิจัยครั้งนี้มีการใช้การเสริมศักยภาพบางตัวที่มีความซ้ำซ้อนกัน ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรพิจารณาเลือกใช้ให้มีความแตกต่างกันเพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของการเสริมศักยภาพ

4. ในการวิจัยครั้งต่อไปกับนักเรียนระดับที่สูงขึ้นควรเพิ่มเวลาในการทำโครงการ ลดจำนวนชั่วโมงความรู้พื้นฐานและควรเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพในการทำโครงการด้วย

รายการอ้างอิง

- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. NJ: Prentice-Hall.
- Bank, J. A. (1985). *Teaching Strategies for the Social Studies Inquiry Volening and Decision-Making*. University of Washington Seattle.
- Barak, M., & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 287-304.
- Barker, B. S., & Ansorge, J. (2007). Robotics as Means to Increase Achievement Scores in an Informal Learning Environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229-243.
- Barron, B. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem- and project-based learning. *Journal of the Learning Sciences*, 7 (3&4), 271-311.
- Beer, R. D., Chiel, H. J., & Drushel, R. E. (1999). Using robotics to teach science and engineering. *Communications of the ACM*, 42(6), 85-92.
- Bloom. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals Handbook I: Cognitive domain*. New York: Longmans.
- Bloom. (1972). *Taxonomy of Education Objective Book I: Cognitive Domain* (17th ed ed.). New York: David Mackay.
- Bransford, J. D., & Schwartz, D. L. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. *Review of Research in Education*, 2(4), 61-101.
- Brush, T. A., & Saye, J. W. (2002). A summary of research exploring hard and soft scaffolding for teachers and students using a multimedia supported learning environment. *The Journal of Interactive Online Learning*, 1(2), 1-12.
- Campbell, D., & Stanley, J. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Chicago, IL: Rand-McNally.
- Carol. (2009). The dynamics of Action-Oriented Problem Solving Linking Interpretation and Choose. *ACAD MANAGE REV*, 3(4), 733-756.
- Carol, C. J., Joyce, B., & Sarah, K. L. (2012). *Keys to Success: Building Analytical, Creative, and Practical Skills*: Prentice Hall.
- Chi, M., & Glaser, G. (1982). *Final report: Knowledge and skill differences in novice and expert*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Learning and Development Center.
- Cho, K. L., & Jonassen, D. H. (2002). The effects of argumentation scaffolds on argumentation and problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 5-22.

- Colleen, C. (1966). Academic Achievement, Situational Stress, and Problem Solving Flexibility. *The Journal of Genetic Psychology*, 126(1), 93-105.
- Dabbagh, N. (2003). Scaffolding: An Important Teacher Competency in Online Learning. *TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning*, 47(2), 39-44.
- Derry, S. J., Hmelo-Silver, C. E., Feltovich, J., Nagarajan, A., Chernobilsky, E., & Halfpap, B. (2005). *Making a mesh of it: A STELLAR approach to teacher professional development*. Paper presented at the Computer Support for Collaborative Learning (CSCL), Taipei, Taiwan.
- Dixon-Krauss, L. (1996). *Vygotsky in the Classroom: Mediated Literacy Instruction and Assessment*. N.Y.: Longman Publishers.
- Doherty, A. (1998). The internet: Destined to become a passive surfing technology. *Educational Technology*, 38(5), 61-63.
- Dressel, P. L. (1963). *Critical thinking of a social science: A handbook of suggestions for evaluation and teaching*. Washington DC: American Council on Education.
- Driscoll. (1997). Defining Internet-Based and Web-Based Training. *Performance Improvement*, 36(4), 5-9.
- Driscoll, M. (2002). *Web-Based Training: Creating e-Learning Experiences*. San Francisco: Jossey-Bass Pfeiffer.
- Eggen, P., & Kauchank, D. (1997). *Strategies for Teacher: Teaching Content and Thinking Skills* (3rd ed ed.). USA: Allyn and Bacon.
- Ellis, C. A., Gibbs, S. J., & Rein, G. L. (1991). Groupware: Some issues and experiences. *Communications of the ACM*, 34(1), 38-58.
- Fay, A. L. (2006). Benefits of teaching design skills before teaching of LOGO computer programming: Evidence for syntax-independent transfer. *Journal of Educational Computing Research*, 11, 187-210.
- Festinger, L. (1988). Social network analysis: An approach and technique for the study of information exchange. *Library and Information Science Research*, 18(4), 323-342.
- Gagné, R., Briggs, L., & Wagner, W. (1988). *Principles of Instructional Design*. New York: Rinehart and Winston.
- Garrison, D. R. (1997). Self-directed learning: Toward a comprehensive model. *Adult Education*, 48, 16-18.
- Gick, L. M. (1986). Problem-solving strategies. *Educational Psychologist*, 21(132), 99-120.
- Goldman, R., Eguchi, A., & Sklar, E. (2004). *Using Educational Robotics to Engage Inner-City Students with Technology*. Paper presented at the Sixth International Conference of the Learning Sciences (ICLS-2004).

- Goldstein, M. R. (1949). Problem solving and behavior modification. *Journal of Psychology*, 78(1), 107-126.
- Good, C. V. (1973). *Dictionry of Eduation*. New York: Holt and Rinehart Winston.
- Green, S. G. (1975). Training in creative problem solving : Effects on ideation and problem finding and solving in an industrial research organization. *Organizational Behavior and Human Performance*, 30(1), 41-70.
- Hadjerrouit, A. (2010). Developing Web-Based Learning Resources in School Education: A User Centered Approach, *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 6, 115-135.
- Hannafin, M. J. (1999). Learning in open-ended environments: Tools and technologies for the next millennium.
- Hannafin, M. J. (2000). *Technology and resource-based teaching and learning*. Paper presented at the the Congress of Education, Monterrey, Mexico.
- Hannafin, M. J., Land, S., & Oilver, K. (1999). *Open learning environment: Foundations, methods, and models Instructional Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory* (C. M. Reigeluth Ed. Vol. II). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hannafin, M. J., Land, S., & Oliver, K. (1999). *Open learning Environments: Foundations, Methods, and Models. Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory*. (C. M. Reigeluth Ed. Vol. II). London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Heimich, R., & Others. (1999). *Instructional Media and Technologies for Learning* (6th ed. ed.). New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Johnson. (2002). *Robot Invasion7 Cool and Easy Robot Projects*. Californi: McGraw-Hill.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2008). *Handbook of Reseach on Educationa Communications and Technology*. New York: Routledge.
- Kafai, Y., & Resnick, M. (1996). *Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in a Digital World*. NJ: Lawrence Erlbaum.
- Khan, B. H. (1997). *Web-based Instruction*. NJ: Englewood Cliffs Educational Technologies Publications.
- Kin, W. L., & Heng, K. T. (1999). Creative Learning in school with LEGO Programmable Robotics Products. *Proc. IEEE Frontiers in Education Conf*.
- Kolberg, & Nahum, O. (2001). *Robotics learning as a tool for integrating science-technology curriculum in k-12 school*. Paper presented at the 31st ASEE/IEEE frontiers in education conference, NV.
- Krulik, S., & Rudnik, J. A. (1987). *Problem Solving*. Boston: Allyn and Bacon, Inc.

- Lamb, & Smith. (1999). Technology Enhancement.
http://drscavanaugh.org/lit_cir/technology_enhancement.htm
- Larkin. (2001). Providing Support for Student Independence through Scaffold Instruction. *Council for Exceptional Children*, 34(1), 30-34.
- Larkin. (2002). Using scaffolded instruction to optimize learning. Retrieved September 25, 2007
- Li, S. (2001). Contingent scaffolding strategies in computer-based learning environment. Retrieved 2004, Nov 11 <http://wwwlib.umi.com/dissertations>
- Llewellyn, D. (2002). *Inquire within: Implementing inquiry-based science standards*. CA: Corwin Press.
- Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2008). *Designing and assessing educational objective applying the new taxonomy*. CA: Corwin Press.
- Mayer. (1992). *Thinking, problem solving, cognition*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Mayer. (1997). Multimedai Learning: Are We Asking the Right Questions? *Educational Psychology*, 32(1), 1-19.
- Mayer. (2002). Emotional Intelligence and Emotional Creativity. *Journal of Personality*, 75(2), 199-236.
- Mc Alpine, I. (2000). Collaborative Learning Online. *Journal of Distance Education*, 21, 1, 66-68.
- McComb, G. (2001). *Robot Builder's Bonanza*. New Jersey: McGraw-Hill.
- McGreal, R. (1997). Building a theoretical framework of web-based instruction in the context of distance education. *British Journal of Educational Technology*, 32(5), 525-534.
- McLoughlin, C. (2002). Learner support in distance and networked learning environments: Ten dimensions for successful design. *Distance Education*, 23(2), 149-162.
- Nitko, A. J. (2004). *Educational assessment of children*. NJ: Pearson.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms. Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic books.
- Parson, R. (1997). Type of the Web-based Instruction.
<http://www.oise.on.ca/~person/types.htm>
- Pedersen, J. (2000). *Cognitive modeling during problem-based learning: The effects of a hypermedia expert tool*. (Doctoral dissertation), The University of Texas at Austin.
- Pollack, C., & Master, R. (1997). Using Internet Technologies to Enhance Training. *Performance Improvement*, 36, 28-31.

- Polya, G. (1971). *How to solve it*. New York: Double day-Anchor.
- Puntambekar, S., & Kolodner, J. L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science by design. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (2), 185-217.
- Relan, A., & Gillani, B. B. (1997). *Web-Based Information and the Traditional Classroom: Similarities and Difference*. New Jersey: Educational Technology Publication.
- Resta, P. (1995). In *computer Supported Collaborative Learning*. IN: Indiana University, Bloomington.
- Richardson, W. (2009). *Engaging the Whole Child: Reflections on Best Practices in Learning*. Paper presented at the Teaching and Leadership.
- Romiszowski, A. J. (1981). *Designing Instructional Systems*. New York: Nichols.
- Salovaara, H. (2005). An exploration of students' strategy use in inquiry-based computer-supported collaborative learning. *Journal of Computer Assisted Learning* 21(1), 39-52.
- Schwarz, M. S. (2003). The effects of different scaffolding strategies, prior knowledge, computer attitudes and expertise reversal effect on learning outcomes in a cognitive apprenticeship learning environment. Retrieved 2004, Nov 5, from New York University <http://wwwlib.umi.com/dissertations>
- Shell, D. F. (2005). *The Unifid Learning Model: How Motivational, Cognitive, and Neurobiological Sciences Inform Best Teaching Practices*. Dordrecht: Springer.
- Shepard, R. N. (1967). Recognition memory for words, sentences, and pictures. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 156-163.
- Sherman, G. (2005). Desperately seeking scaffolds. *Virginia Society for Technology in Education*, 19(1), 2-5.
- Simons, & Klien, J. D. (2007). The Impact of Scaffolding and Student Achievement Levels in a Problem-based Learning Environment. *Instructional Science*, 35(1), 41-72.
- Smith, P. L., & Regan, T. J. (2005). *Instructional design* (3rd ed ed.). USA: John Wiley & Sons.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wallas, G. (1972). *The Art of Thought*. New York: Harcourt and Brace.
- Warner, M. (2005). Transformation and Intelligence Liaison. *SAIS Review of International Affairs*, 24(1), 12-28.
- Wasson, B. (1998). Identifying Coordination Agents for Collaborative Telelearning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 3(1), 45-53.

- Watkins, E. R. (2006). Reducing specificity of autobiographical memory in nonclinic participants: The role of rumination and schematic model. *Cognitive and Emotion*, 20(3-4), 328-350.
- Weir, J. I. (1974). Problem Solving is every's body problem. *Science Teacher*, 41(April), 16-18.
- กมล โปธิเย็น. (2547). รูปแบบการพัฒนาความคิดอย่างเป็นระบบเพื่อสร้างเสริมความสามารถ ด้านทักษะการเขียนภาษาไทยของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยใช้แนวคิดทฤษฎีไตรอาร์ชิกและวิธีการแบบสแกฟโฟลด์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์บัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, บัณฑิตวิทยาลัย.
- กมลรัตน์ จำปาจันทร์ ไชยยศ เรื่องสุวรรณ และ ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2556). ผลการเรียนรู้ด้วยบทเรียนบนเว็บแบบผสมผสาน 2 รูปแบบ เรื่อง การสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่างกัน. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 7(2), 95-103.
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2534). ความคิดสร้างสรรค์ หลักการ ทฤษฎี การเรียนการสอน การวัดผลประเมินผล. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- กันยารัตน์ ดัดพันธ์. (2551). การออกแบบสภาพแวดล้อมในห้องเรียนเสมือน สำหรับการเรียนแบบโครงการในระดับอุดมศึกษา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์บัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2548). ไอทีเพื่อการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.
- ขจรศักดิ์ สงวนสัตย์. (2554). กระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในการทำโครงการตามทฤษฎีกิจกรรมที่ใช้แบบการแสดงตัวตนในบล็อกและการประเมินโดยเพื่อนที่แตกต่างกันของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์บัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เชมณัฐ มิ่งศิริธรรม. (2552). การพัฒนารูปแบบการเรียนบนเว็บเชิงบูรณาการระหว่างการเรียนแบบร่วมมือกับการเรียนร่วมกันเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตคณะศึกษาศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทศึกษาศาสตร์บัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- คิโยฮิโร โนริอากิ. (2546). มาสร้างหุ่นยนต์กันเถอะ แปลจากหนังสือ *Robobooks keywords for making robots* / โดย Noriaki Kiyohiro และ Noboru Suzuki ; แปลโดย เอกชัย แทนยืนนาน วงศ์ กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
- จิรากร สำเร็จ. (2551). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แบบแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) โดยเน้นเทคนิค KWDL ที่มีต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน. (ปริญญาโทศึกษาศาสตร์บัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- จิราภรณ์ ศิริทวี. (2542). โครงการการสร้างทางเลือกใหม่ของการสร้างปัญญาชน. *วารสารวิชาการ*, 2(8 สิงหาคม), 33-38.
- ใจทิพย์ ณ สงขลา. (2542). การสอนผ่านเครือข่ายเว็ลต์ไวด์เว็บ. *วารสารครุศาสตร์*, 27 (3), 18-28.
- ใจทิพย์ ณ สงขลา. (2550). *E-Instructional design* วิธีวิทยาการออกแบบการเรียนการสอน

- อิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพมหานคร: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ใจทิพย์ ณ สงขลา. (2553). วิธีวิทยาการออกแบบการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ *e-Instruction Design*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฉัตรลดา สุนทรนนท์. (2549). ผลของการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักบนเว็บที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อแบบการเรียนต่างกัน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฉัตรวรรณ ลัญฉวรรณะกร. (2554). การพัฒนาระบบการเรียนการสอนแบบเสริมศักยภาพการอ่านโดยใช้ วัสดุทุกด้วยข้อมูลเชิงหลักฐานเพื่อส่งเสริมทักษะการอ่านและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีปัญหาทางการอ่าน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชรินทร์ มั่นคง. (2551). การจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรสาระการเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงในโรงเรียนมัธยมศึกษาภาคเหนือ (ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ฉัฐพร เลิศพิทยภูมิ. (2549). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานในกลุ่มสาระสังคมศึกษาศาสนาและวัฒนธรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและพฤติกรรมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตในกรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะครุศาสตร์
- ดริณภพ เพียรจัด. (2551). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บวิชาภาษาไทยด้วยวิธีการเรียนรู้ร่วมกันและการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษาเพื่อสร้างค่านิยมด้านการมีเหตุผลตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดวงกมล สนวนทอง พรรณี บุญประกอบ วิลาสักขณ์ ชั่ววัลลี และนำชัย ศุภฤกษ์ชัยสกุล. (2556). การวิจัยและพัฒนารูปแบบการสอนแบบสแกฟโฟลด์ที่ส่งเสริมจิตลักษณะ ฉันทะ และความสามารถในการเขียนบทความเชิงวิชาการของนักศึกษา. วารสารพฤติกรรมศาสตร์, 19(2), 17-34.
- ถนอมพร เลหาจรัสแสง. (2544). การสอนบนเว็บ (Web-Base Instruction) นวัตกรรมเพื่อคุณภาพการเรียนการสอน. ศึกษาศาสตร์สาร, 28(1), 87-94.
- ธเนศ ปานอุทัย. (2556). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของครูที่เน้นการสอนแบบโครงงานเพื่อส่งเสริม ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ของนักเรียนโรงเรียนวัดบางหลวง. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ.
- ธีรชัย ปุณโชนิต. (2531). การสอนกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นาคยา ภัทรแสงไทย. (2525). ยุทธวิธีการสอนสังคมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- นาถวดี นันทาภินัย. (2546). รูปแบบปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนผ่านเครือข่ายและเมตาคognition ในการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษาที่มีผลต่อการแก้ปัญหาในวิชาโครงงานอิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- นิตยา โสรีกุล. (2547). ผลการใช้การสอนแนะในการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษาบนเว็บที่มีต่อการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีรูปแบบการคิดต่างกัน. (วิทยานิพนธ์ระดับคุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิภา แก้วศรีงาม. (2547). ปัญหาที่เกิดจากการสร้างสมด้วยตนเอง. วารสารวงการครู, 1(4), 74-76.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2537). การพัฒนาการสอน. กรุงเทพมหานคร: ชมรมเด็ก.
- ปณิตา วรณพิรุณ และปรัชญนันท์ นิลสุข. (2554). ผลของการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้เครื่องมือทางปัญญาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา วิทยบริการ, 22(3), 1-12.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). การพัฒนาการคิด. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิควิธีคิด.
- ปรัชญนันท์ นิลสุข และ จิรัฎฐ์ แจ่มสว่าง คำสัมภาษณ์. (2553). การเรียนการสอนเกี่ยวกับหุ่นยนต์ในการศึกษาไทย.
- ปราวีณา สุวรรณณัฐโชติ. (2552). การเรียนรู้ร่วมกันบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์และการใช้คอมพิวเตอร์ การสนับสนุนการเรียนรู้ร่วมกัน. วารสารครุศาสตร์ 37(3), 150-164.
- พิบูลศรี วาสนสมสิทธิ์. (2527). การพัฒนาทักษะในวิชาสังคมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ เพียวร์ ยินดีสุข และราชน มีศรี. (2553). การสอนคิดด้วยโครงการ : การเรียนการสอนแบบบูรณาการ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพรัช รัชพงษ์. (2540). อุดมศึกษาผ่านสื่อทางไกล: โอกาสทางการศึกษา คุณภาพ ความคุ้มค่า และความเป็นไปได้. *Informative Research* 1(9), 1-50.
- ยุรวัดน์ คล้ายมงคล. (2534). การศึกษากระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษา กรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะครุศาสตร์
- รุ่งทิภา เสาร์สิงห์. (2549). คู่มือเรียนรู้ ภาษาซี ด้วยตนเอง. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ลักขณา สิริวัฒน์. (2549). การคิด (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). กรุงเทพมหานคร: โอ เอส พริ้นต์ติ้ง เฮ้าส์.
- วชิราพร อัจฉริโยโกศล. (2536). การประเมินสื่อการเรียนการสอน. วารสารครุศาสตร์, 21:3 (มกราคม-มีนาคม 2536).
- วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และ กฤษดา ใจเย็น. (2548). เรียนรู้ ไมโครคอนโทรลเลอร์และสร้างหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมภาษาเบสิกกับ *Robo stamp* กรุงเทพมหานคร: อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.
- วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และกฤษดา ใจเย็น. (2546). *Robo-Box* สนุกกับการสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติอย่างง่ายควบคุมด้วยโปรแกรมภาษาโลโก้. กรุงเทพมหานคร: อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.
- วรกร พรหมมณี และ จินตวีร์ คล้ายสังข์ (2555). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนบนเว็บ: การวิเคราะห์ห่อภิมาณ. *OJED*, 7(1), 2134-2147.


- วรารณณ์ ตรีกุลสุภชต์. (2545). การนำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บด้วยการเรียนรู้แบบ
โครงการเพื่อการเรียนรู้เป็นทีมของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
(วิทยานิพนธ์ปริญญาคุุณบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, บัณฑิตวิทยาลัย.
- วิชาญ คำแสน. (2545). หุ่นยนต์คืออะไร. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- วิชุดา รัตน์เพียร. (2542). การเรียนการสอนบนเว็บชั้นนำ. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีระ ไทยพาณิชย์. (2551). การเรียนการสอนบนเว็บ(web-based instruction. วิจัยรามคำแหง, 11(2),
53-64.
- ศศิวรรณ ชำนิยนต์. (2552). ผลของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักบนเว็บที่มีการช่วยเสริมศักยภาพที่
แตกต่างกัน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3
(วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน
วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุ
สภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). หนังสือเรียนรายวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ
และการสื่อสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สนิท เต็มเมืองชัย มนต์ชัย เทียนทอง และสุพจน์ นิตยส์วัฒน์. (2552). ระบบเสริมศักยภาพทางการเรียน
(Scaffolding) 4 แบบ เพื่อช่วยในการเรียนผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ วิชาการเขียนโปรแกรม
ภาษาคอมพิวเตอร์ 1. from [http://202.44.34.144/nccitedoc/admin/nccit_files/NCCIT-
20110304170927.pdf](http://202.44.34.144/nccitedoc/admin/nccit_files/NCCIT-20110304170927.pdf)
- सानนท์ เจริญฉาย. (2550). การเขียนโปรแกรมและอัลกอริทึม กรณีตัวอย่างภาษาซี. นนทบุรี: นิตยธรรม
การพิมพ์.
- สายหยุด สมประสงค์. (2523). รายงานผลการวิจัยและวางแผนเพื่อพัฒนาการศึกษาจังหวัดกาญจนบุรี.
กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- สำนักนายกรัฐมนตรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษา
แห่งชาติพุทธศักราช 2542 ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม 2545. กรุงเทพมหานคร: พรึกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- สำราญ วัจนราช. (2542). การศึกษาความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของครูสอนวิทยาศาสตร์ชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนประถมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ
เขตการศึกษา 11 (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุจิตรา เขียวศรี. (2550). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบเว็บวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้
การช่วยเสริมศักยภาพเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์
ปริญญาคุุณบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, บัณฑิตวิทยาลัย.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2553). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย. .

- เสาวลักษณ์ รัตนชูวงศ์. (2551). ผลของการเรียนแบบร่วมมือที่มีโครงสร้างต่างกันบนเว็บด้วยกระดานสนทนาที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีบุคลิกภาพต่างกัน (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อมรรัตน์ เฉยงาม. (2550). การศึกษากระบวนการเมตาคอกนิชันผ่านการสื่อสารด้วยเว็บล็อกในการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาเป็นหลักของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรพรรณ พรสีมา. (2543). การคิด. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาทักษะการคิด.
- อรรจน์ บัณฑิตย์. (2550). การนำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บด้วยกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้ทรัพยากรเป็นฐาน เพื่อพัฒนาการคิดเชิงวิเคราะห์ และการใช้สารสนเทศในการแก้ปัญหาของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, บัณฑิตวิทยาลัย.
- อุดมศักดิ์ ธนะรุ่งเรืองกิจ และคณะ. (2543). โครงการ. วารสารวิชาการ, 6,2 (มิถุนายน), 17-23.
- อุบลวรรณ เสือเดช. (2550). ผลของอิทธิพลกลุ่มเพื่อนที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เอกรินทร์ ศรีผ่อง. (2554). ผลของเว็บคอมพิวเตอร์ที่ใช้คอนิทที่พหุลที่แตกต่างกันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีระดับผลการเรียนแตกต่างกัน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- รายนามโรงเรียนต่างๆ ที่ถูกสัมภาษณ์ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนบนเว็บและวีดิทัศน์

1) รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย ทองดีเลิศ

อาจารย์ประจำ และหัวหน้าภาควิชา
ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์
เกษตรคณะเกษตร มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คุหาสุวรรณเวช

อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคนิค
การเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง

3) อาจารย์ ดร.นาถวดี นันทาภินัย

รองผู้อำนวยการด้านวิจัยและบริการ
วิชาการ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

1) รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ

หัวหน้าภาควิชา วิจัยการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย

2) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ

รองคณบดีฝ่ายบริหาร คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) อาจารย์ ดร.นาถวดี นันทาภินัย

รองผู้อำนวยการด้านวิจัยและบริการ
วิชาการ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

3. ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการทำโครงการงาน วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยการ ศิริรัตน์

อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้
การงานอาชีพและเทคโนโลยี โรงเรียน
สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ฝ่ายมัธยม

2) อาจารย์ สกล ธรรมวงศ์

ครู วิทยฐานะ เชี่ยวชาญ การสอน
หุ่นยนต์ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงาน
อาชีพและเทคโนโลยี

โรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล และหัวหน้า
ศูนย์พัฒนาการเรียนรู้เทคโนโลยีด้าน
หุ่นยนต์ ไทย บริดจสโตน

3) อาจารย์ ประเมษฐ์ คำจร

อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้
 ิการงานอาชีพและเทคโนโลยี และศูนย์
 พัฒนาวัดกรรมและต้นแบบทางการ
 ศึกษาศิงบูรณาการ โรงเรียนสาธิต
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 ปทุมวัน

4. ผู้เชี่ยวชาญด้านเสริมศักยภาพและการทำโครงการ วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

1) รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์

ข้าราชการบำนาญ คณะครุศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เชี่ยวชาญ
 ด้านหลักสูตรและการสอน คณะ
 ครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 อดีตหัวหน้าภาควิชาหลักสูตรและการ
 สอน วิทยากร การจัดทำแผนการ
 เรียนรู้แบบบูรณาการ โครงการ การ
 ออกแบบการสอนแบบย้อนกลับ

2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์

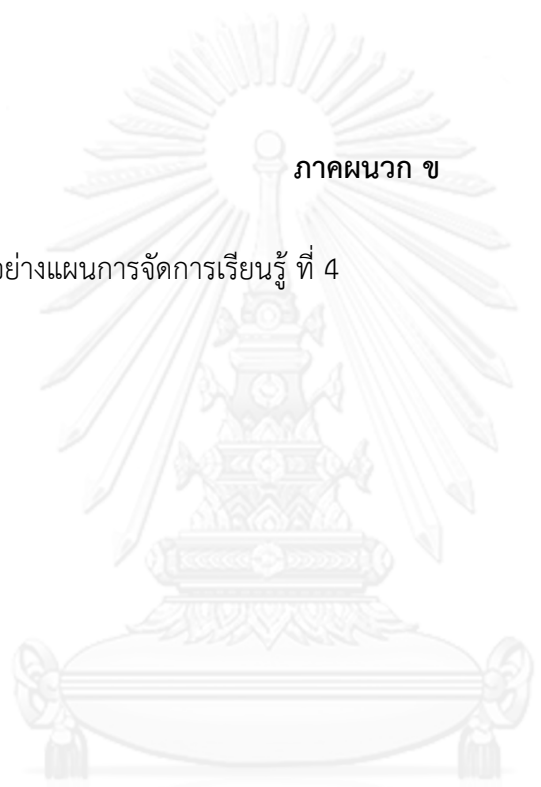
อาจารย์ประจำ ภาควิชาครุศาสตร์
 ไฟฟ้า และ หัวหน้าหน่วยไฟฟ้ากำลัง
 และควบคุม และหัวหน้าศูนย์วิจัย
 เฉพาะทาง ศูนย์วิจัยและพัฒนา
 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์
 อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
 พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3) อาจารย์ ประเมษฐ์ คำจร

อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้
 ิการงานอาชีพและเทคโนโลยี และศูนย์
 พัฒนาวัดกรรมและต้นแบบทางการ
 ศึกษาศิงบูรณาการ โรงเรียนสาธิต
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 ปทุมวัน

รายนามผู้สอนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ที่ได้รับการสัมภาษณ์ มีดังนี้

1. อาจารย์ ภาวนา เห็นแก้ว โรงเรียน อัสสัมชัญ บางรัก
2. อาจารย์ กิติพงษ์ นาคบาง โรงเรียน อุดมศึกษา น้อมเกล้า
3. อาจารย์ กิตตินันท์ พึ่งเพาะปลูก โรงเรียน ทิวไผ่งาม
4. อาจารย์ วชิรวิทย์ ธรรมนันทาววัฒน์ โรงเรียน โยธินบูรณะ
5. อาจารย์ ปัญญา ไชศรี โรงเรียน ราชนิบูรณะ
6. อาจารย์ อัญปรีดิ์ ธราดลธิรัตน์ โรงเรียน สมุทรสาครบูรณะ
7. อาจารย์ สันทนต์ ต้นยา และอาจารย์ บุญทาน สารเพียร โรงเรียน ตากวิทยาคม
8. อาจารย์ สกล ธรรมวงศ์ โรงเรียน ชัยภูมิภักดีชุมพล



ภาคผนวก ข

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การควบคุมการชนด้วยสวิตช์ (Touch sensor)

วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

ผู้สอน นายสุปรีย์ บุรณะกนิษฐ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียน

1. บอกความหมายของ เซนเซอร์สัมผัส ได้
2. สามารถติดตั้งเซนเซอร์สวิตช์ (Touch sensor) ในหุ่นยนต์ได้ถูกต้อง
3. เขียนโปรแกรมตรวจสอบสวิตช์ได้
4. เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ตามต้องการ
5. เขียนผังการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้
6. สามารถแก้ปัญหาในระหว่างการทำงานได้
7. รับผิดชอบ ทำงานจนสำเร็จ

เนื้อหาสาระ

เมื่อหุ่นยนต์พบสิ่งกีดขวางจะไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้ Touch sensor เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยให้หุ่นยนต์รับรู้ว่ามีสิ่งกีดขวาง ต้องหลบหลีกเพื่อเคลื่อนที่ต่อไปได้ การควบคุมการชนให้กับหุ่นยนต์ ต้องติดอุปกรณ์ (sensor) เพิ่มขึ้น เช่น เซนเซอร์สัมผัส และ เซนเซอร์ที่ไม่สัมผัส (เซนเซอร์แสง) และต้องเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Pbasic คำสั่งที่เขียนขึ้นสามารถเขียนได้หลายแบบตามการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งทำให้ได้โปรแกรมที่ยาวและอ่านยาก ควรใช้โปรแกรมย่อย มาช่วยโดยแทรกในโปรแกรมหลัก เพื่อกระชับและเข้าใจได้ง่ายขึ้น สัญญาณที่ได้จากสวิตช์สัมผัส มีค่าเป็นแรงดัน คือ 1) เมื่อกดสวิตช์จะมีแรงดันเกิดขึ้น 2) เมื่อปล่อยสวิตช์ จะไม่มีแรงดัน การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อาศัยแรงดันไฟฟ้าที่ติดกับเซนเซอร์สวิตช์ ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการได้

การเขียนโปรแกรมตรวจสอบการกดสวิตช์นั้น จะต้องทำผ่านคำสั่ง IF...THEN เพื่อตรวจสอบเงื่อนไขของขาพอร์ตที่ต่อกับสวิตช์ โดยการอ่านค่าของพอร์ต จะใช้คำสั่ง Inx (x หมายถึงตำแหน่งของขาพอร์ต เช่นถ้าต่อเข้ากับ P1 จะระบุตำแหน่งเป็น IN1) ถ้าสวิตช์ถูกกดจะทำให้ขาที่รับการกดมีค่าลอจิกเป็น “0” การตรวจสอบด้วยคำสั่ง IF จะทำให้สามารถควบคุมให้หุ่นยนต์ทำเหตุการณ์ที่ต้องการได้ เช่น เมื่อกดสวิตช์ถูกกด ให้หุ่นยนต์หยุดเดิน แล้วถอยหลังเพื่อเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ เป็นต้น

กระบวนการจัดการเรียนรู้

ดำเนินการสอนโดย ผู้วิจัย ร่วมกับ อาจารย์ประจำวิชา

จากการให้นักเรียนที่สมัครเข้าเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ สอบวัดความรู้ตามพื้นฐานเพื่อเตรียมส้อมเข้ากลุ่มทดลอง ในช่วงเวลาที่ผ่านมา โดยนำคะแนนจากการวัดความรู้เบื้องต้นมาเป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่ม ดังนี้

1. ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มทดลอง จากจำนวน 30 คน เลือกเข้ากลุ่มย่อยจำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน โดยให้แต่ละกลุ่มมีสมาชิกที่มีความคละกัน เพื่อให้ทุกกลุ่มมีความสามารถเท่า

เทียมกัน เป็นการควบคุมตัวแปรที่อาจจะเกิดขึ้นกับงานวิจัย จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ได้จำนวน 5 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองที่ 1 ที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่นและในกลุ่มทดลองที่ 2 เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบคงที่ ได้จำนวน 5 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ตามลำดับ จากนั้นผู้วิจัยและอาจารย์ประจำวิชา ได้แนะนำการใช้เว็บการเรียนการสอนเรื่องโปรแกรมหุ่นยนต์ และได้สอนการเขียนผังงาน(Flow chart) รวมทั้งสอนนักเรียนในเรื่องการให้คำแนะนำที่ดีแก่เพื่อนในกลุ่มที่ช่วยกันทำงานส่งอาจารย์

2. ผู้วิจัย และอาจารย์ประจำวิชา ได้จัดการเรียนการสอนผ่านเว็บ แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่ม ดำเนินการดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ที่เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่น (Soft Scaffolding) ประกอบด้วย

1. บทเรียน เรื่อง หุ่นยนต์

- การเขียนโปรแกรมบนเว็บโดยการให้นักเรียนถามตอบเกี่ยวกับวิธีการเขียน flow chart ว่ามีวิธีการเขียนอย่างไร

2. การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ เมื่อนักเรียนปฏิบัติงานเข้าใจแล้วให้นักเรียนเขียน flow chart แล้วให้เพื่อนตรวจสอบ flowchart ของกันและกัน (peer interaction) หลังจากนั้นครูจึงเฉลย flowchart ที่ถูกต้องให้นักเรียนทราบภายหลัง (teacher interaction)

3. การใช้วิดีโอเสริมความรู้ (Extensive Video) เน้นเชื่อมโยงความรู้ใหม่ โดยการให้นักเรียนสรุปความรู้ที่เกิดขึ้นบนบล็อกกลุ่ม เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนสู่เพื่อน (peer interaction)

กลุ่มทดลองที่ 2 เรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบคงที่ (Hard Scaffolding) ประกอบด้วย

1. บทเรียน เรื่อง หุ่นยนต์

- การเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์

- การให้ตัวอย่างผังงาน (Flow chart) พร้อมกับตัวอย่างการเขียนโปรแกรม

2. การใช้คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ

ให้นักเรียนเขียน Flowchart ภายหลังจากปฏิบัติงานแล้วและส่ง จากนั้นครูเฉลย

คำตอบ

3. การใช้วิดีโอเสริมความรู้ (Extensive Video) เน้นเชื่อมโยงความรู้ใหม่ และการสรุปบทวนเนื้อหาจากการดูวิดีโอในตอนท้าย

ในการจัดการเรียนการสอนของทั้งสองกลุ่ม มีครูคอยควบคุมดูแลและให้ความช่วยเหลือตลอดเวลา เพียงแต่ในกลุ่มทดลองที่ 2 ครูจะให้ความช่วยเหลือน้อยกว่ากลุ่มทดลองที่ 1

กิจกรรมการเรียนรู้

กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน

(ใช้เวลา 10 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มทบทวนความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ในบทเรียนที่ผ่านมา โดยครูตั้งปัญหาเพื่อซักถามและสรุปให้นักเรียน

2. ครูสาธิตการติดตั้งแผงวงจรสวิตช์เข้ากับแขนของหุ่นยนต์

ขั้นสอน (ใช้เวลา 80 นาที) แบ่งเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 เรื่อง การติดตั้งเซนเซอร์สวิตช์ (Touch sensor) กลุ่มที่ 1 (Soft Scaffolding) (ใช้เวลา 20 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาสื่อบทเรียนโปรแกรมหุ่นยนต์บนเว็บ เรื่อง การควบคุมการชนด้วยสวิตช์ (Touch sensor) มีวิดีโอเสริมความรู้ให้นักเรียนชม และสรุปความรู้ที่ได้จากการชมวิดีโอเสริมความรู้ ใช้เวลา 10 นาที

2. ครูอธิบายซ้ำในเรื่องการติดตั้งสวิตช์ว่าในการติดตั้งสวิตช์เพื่อตรวจจับการชน นักเรียนต้องติดตั้งให้แน่นหนาแข็งแรงเพื่อให้สามารถรับการปะทะและหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ข้อควรระวังคือ เมื่อต่อแผงวงจรสวิตช์ยึดติดกับแขนทั้งสองข้างของหุ่นยนต์แล้ว ควรหันด้านที่ใช้ต่อกับสายสัญญาณขึ้นด้านบน และแนะนำให้ต่อสายจากแผงวงจรสวิตช์ด้านขวากับขาพอร์ตที่จุดต่อ P6 ของแอสตัมป์บ็อกซ์ และต่อสายจากแผงวงจรสวิตช์ซ้ายเข้าขาพอร์ตที่จุดต่อ P1 ของแอสตัมป์บ็อกซ์

3. นักเรียนทดลองปฏิบัติการติดตั้งวงจรสวิตช์เพื่อตรวจจับการชน (Touch sensor) โดยมีครูดูแลอย่างใกล้ชิดจนเสร็จเรียบร้อย เมื่อเกิดความสงสัยให้ถามครู

เรื่อง การติดตั้งเซนเซอร์สวิตช์ (Touch sensor) กลุ่มที่ 2 (Hard Scaffolding) (ใช้เวลา 20 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มสื่อบทเรียนโปรแกรมหุ่นยนต์บนเว็บ เรื่อง การควบคุมการชนด้วยสวิตช์ (Touch sensor) โดยมีตัวอย่างโปรแกรม และมีวิดีโอเสริมความรู้ ที่มีการสรุปทบทวนความรู้ในตอนท้าย นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้จากการชมวิดีโอส่งครู ครูเฉลยคำตอบให้แก่แต่ละกลุ่มทันที ใช้เวลา 10 นาที

2. ครูอธิบายเรื่องการติดตั้งสวิตช์โดยเน้นกับนักเรียนว่า การติดตั้งสวิตช์เพื่อตรวจจับการชนต้องทำให้แน่นหนาแข็งแรงเพื่อใช้ในการรับการปะทะและหลบหลีกสิ่งกีดขวาง มีข้อสังเกตและข้อควรระวังคือ เมื่อต่อแผงวงจรสวิตช์ยึดติดกับแขนทั้งสองข้างของหุ่นยนต์แล้ว ควรหันด้านที่ใช้ต่อกับสายสัญญาณขึ้นด้านบน และแนะนำให้ต่อสายจากแผงวงจรสวิตช์ด้านขวากับขาพอร์ตที่จุดต่อ P6 ของแอสตัมป์บ็อกซ์ และต่อสายจากแผงวงจรสวิตช์ซ้ายเข้าขาพอร์ตที่จุดต่อ P1 ของแอสตัมป์บ็อกซ์

3. นักเรียนทดลองปฏิบัติการติดตั้งวงจรสวิตช์เพื่อตรวจจับการชน (Touch sensor) โดยมีครูดูแลอย่างใกล้ชิดจนเสร็จเรียบร้อย เมื่อสงสัยให้ถามครูได้

ตอนที่ 2 เรื่อง การทดลองใช้โปรแกรมอ่านค่าสวิตช์ (ใช้เวลา 20 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มสื่อบทเรียนโปรแกรมหุ่นยนต์บนเว็บเรื่อง การเขียนโปรแกรมอ่านค่าสวิตช์

2. ครูทบทวนและสรุปความเข้าใจในการทำงานของเซนเซอร์สวิตช์ และความสัมพันธ์ของการแทนค่าตัวแปรในโปรแกรมการทำงานที่เชื่อมต่อเซนเซอร์สวิตช์กับหุ่นยนต์

3. นักเรียนทดลองเขียนโปรแกรมที่ A5-1 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์ และสังเกตการทำงานของหุ่นยนต์

4. นักเรียนทดลองเขียนโปรแกรมที่ A5-2 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์ และสังเกตการทำงานของหุ่นยนต์

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันผ่านทาง Web board และ Chat เกี่ยวกับข้อสรุปในการเขียนโปรแกรม อ่านค่าสวิตช์ จากนั้นจึงบันทึกเพื่อส่งครู

ตอนที่ 3 เรื่อง การทดสอบหุ่นยนต์ปะทะกำแพง และการปรับแต่งโปรแกรม (ใช้เวลา 40 นาที)

1. นักเรียนทดลองเขียนโปรแกรมที่ 6-1 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์ และสังเกตการทำงานของหุ่นยนต์

2. นักเรียนทดลองวางสิ่งกีดขวางไว้ในตำแหน่งที่ต้องการ เปิดโปรแกรมเบสิกแอสตมป์ เอดิเตอร์ 2.0 และ พีเบสิก 2.5 เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ แล้วดาวน์โหลดไปยังหุ่นยนต์ สังเกตการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ครั้งแรก หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทดลองกดสวิตช์ตัวใดตัวหนึ่ง แสดงว่าหุ่นยนต์ถูกชน หุ่นยนต์จะถอยหลังกลับแล้วหมุนตัวเลี้ยวไปด้านตรงข้ามกับที่ถูกชน (ชนด้านซ้ายเลี้ยวไปด้านขวา) ทำให้สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้

3. นักเรียนทดลองเขียนโปรแกรมที่ 6-2 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์ และสังเกตการทำงานของหุ่นยนต์

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มฝึกปฏิบัติตามโจทย์ที่ครูกำหนดให้ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มปรับแต่งแก้ไขโปรแกรมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายกลุ่มทาง Web board และ chat และเขียนข้อสรุปลงใน blog กลุ่ม และเขียนผังการทำงานของหุ่นยนต์ส่งครู

คำถามท้ายกิจกรรม

คำถาม การติดตั้งเซนเซอร์สวิตช์ต้องให้ความสำคัญในเรื่องใดบ้าง ที่ทำให้การติดตั้งนั้นสมบูรณ์

คำตอบ 1) ต้องต่อแผงวงจรเซนเซอร์สวิตช์ ยึดติดกับแขนทั้งสองข้างของหุ่นยนต์ โดยหันด้านที่ต่อสายสัญญาณขึ้นข้างบน

คำตอบ 2) ต่อสายจากแผงวงจรเซนเซอร์สวิตช์ด้านขวาและสวิตช์ด้านซ้ายกับขาพอร์ตที่จุดต่อ Px โดยที่ x หมายถึง เลขที่ของตำแหน่งบนขาพอร์ตนั้น เช่น P1 =ขาพอร์ตที่ 1 และอย่าลืมหักค่าในโปรแกรมให้ถูกต้องด้วย คือ ถ้าใช้ P1 ให้แทนค่าเท่ากับ IN 1

กลุ่มทดลองที่ 1 ขึ้นสรุป (ใช้เวลา 10 นาที)

นักเรียนถามสิ่งที่สงสัยในการทำกิจกรรม และให้ครูอธิบายซ้ำอีกครั้ง จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียนดังต่อไปนี้

1. การเขียนโปรแกรมตรวจสอบการกดเซนเซอร์สวิตช์

2. การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เมื่อพบสิ่งกีดขวาง

กลุ่มทดลองที่ 2 ชั้นสรุป (ใช้เวลา 10 นาที)

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปการควบคุมแผงวงจรสวิตช์ตรวจการชน และถามครูถึงสิ่งที่สงสัยในการทำกิจกรรม และให้ครูช่วยอธิบายซ้ำอีกครั้ง

สามารถสรุปกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพของผู้เรียนแบบยืดหยุ่น และแบบคงที่ ได้ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น	กลุ่มทดลองที่ 2 เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่
<p>ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน 10 นาที นักเรียนแต่ละกลุ่มทบทวนความรู้ตามที่เรียนรู้อบรมที่ผ่านมา โดยครูตั้งปัญหาซักถามและสรุปให้นักเรียน</p>	<p>ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน 10 นาที ครูตั้งคำถามถามนักเรียนถึงความรู้ที่เรียนมาในบทเรียนที่ผ่านมาว่ามีความรู้ด้านใดบ้างและให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมในสิ่งที่ตนเองยังขาดอยู่</p>
<p>ชั้นสอน 80 นาที แบ่งการสอนในชั้นนี้ออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 การติดตั้งเซนเซอร์สวิตช์ (Touch sensors) ใช้เวลา 20 นาที ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเรื่องนี้จากบทเรียนบนเว็บและชมวีดิทัศน์เสริมความรู้และครูสรุปความรู้ที่ได้จากวีดิทัศน์เสริมความรู้ ครูอธิบายเน้นเรื่องการติดตั้งสวิตช์เพื่อตรวจจับการชน ในการติดตั้งนักเรียนต้องติดตั้งให้แน่นและแข็งแรงเพื่อให้สามารถรับการปะทะและหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ข้อควรระวังคือ เมื่อต่อแผงวงจรสวิตช์ยึดติดกับแขนทั้งสองข้างของหุ่นยนต์แล้วควรหันด้านที่ใช้ต่อกับสายสัญญาณขึ้นด้านบน และแนะนำให้ต่อสายจากวงจรสวิตช์ด้านขวาที่ขั้วต่อ P6 ของแอสตัมป์บ็อกซ์ และต่อสายจากวงจรสวิตช์ด้านซ้ายเข้ากับขั้วต่อ P1 ของแอสตัมป์บ็อกซ์ นักเรียนทดลองปฏิบัติการติดตั้งวงจรสวิตช์เพื่อตรวจจับการชนโดยมีครูดูแลอย่างใกล้ชิดจนเสร็จเรียบร้อย ถ้ามีข้อสงสัยให้ถามครู</p>	<p>ชั้นสอน 80 นาที แบ่งการสอนในชั้นนี้ออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 การติดตั้งเซนเซอร์สวิตช์ (Touch sensors) ใช้เวลา 20 นาที ให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มศึกษาจากบทเรียนโปรแกรมหุ่นยนต์บนเว็บ เรื่องการควบคุมการชนด้วยสวิตช์ โดยมีตัวอย่างโปรแกรมและวีดิทัศน์เสริมความรู้ที่มีการสรุปตอนท้ายเป็นลำดับขั้น นักเรียนสรุปความรู้จากการชมวีดิทัศน์เสริมความรู้ส่งครู ครูตรวจสอบและเฉลยผลให้ทราบทันทีเพื่อความพร้อมในการปฏิบัติงานต่อไป ครูอธิบายเรื่องการติดตั้งสวิตช์โดยเน้นกับนักเรียนว่าการติดตั้งสวิตช์เพื่อตรวจจับการชนต้องทำให้แน่นหนาแข็งแรงเพื่อใช้ในการรับปะทะและหลบหลีกสิ่งกีดขวาง มีข้อสังเกตและข้อควรระวังคือ เมื่อต่อแผงวงจรสวิตช์ติดกับแขนทั้งสองข้างของหุ่นยนต์แล้ว ควรหันด้านที่ต่อกับสายสัญญาณขึ้นด้านบน และแนะนำให้ต่อสายจากวงจรสวิตช์ด้านขวาที่ขั้วต่อ P6 ของแอสตัมป์บ็อกซ์ แต่ต่อสายจากวงจรสวิตช์ด้านซ้ายเข้ากับขั้วต่อ P1 ของแอสตัมป์บ็อกซ์ นักเรียนทดลองปฏิบัติการติดตั้งวงจรสวิตช์เพื่อตรวจจับการชนโดยมีครูดูแลอย่างใกล้ชิดจนเสร็จเรียบร้อยถ้ามีข้อสงสัยให้ถามครู</p>

<p style="text-align: center;">กลุ่มทดลองที่ 1 เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น</p>	<p style="text-align: center;">กลุ่มทดลองที่ 2 เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่</p>
<p>ตอนที่ 2 การทดลองใช้โปรแกรมอ่านค่าสวิตช์ (เวลา 20 นาที)</p> <p>ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาจากบทเรียน โปรแกรมหุ่นยนต์บนเว็บเรื่อง การเขียนโปรแกรมอ่านค่าสวิตช์</p> <p>ครูทบทวนและสรุปความเข้าใจในการทำงานของเซนเซอร์สวิตช์กับหุ่นยนต์และความสัมพันธ์ของการแทนค่าตัวแปรในโปรแกรมการทำงานเชื่อมต่อเซนเซอร์สวิตช์กับหุ่นยนต์</p> <p>ให้นักเรียนทดลองเขียนโปรแกรมที่ A5-1 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์ สังเกตการทำงานของหุ่นยนต์</p> <p>ให้นักเรียนทดลองเขียนโปรแกรมที่ A5-2 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์ สังเกตการทำงานของหุ่นยนต์</p> <p>ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเกี่ยวกับข้อสรุปในการเขียนโปรแกรมอ่านค่าสวิตช์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้วยการเขียนลงใน บล็อกกลุ่มให้สมาชิกได้ร่วมวิจารณ์แสดงความ คิดเห็นจากนั้นทำบันทึกส่งครู</p>	<p>ตอนที่ 2 การทดลองใช้โปรแกรมอ่านค่าสวิตช์ (เวลา 20 นาที)</p> <p>ให้นักเรียนทุกกลุ่มศึกษาจากบทเรียน โปรแกรมหุ่นยนต์บนเว็บ เรื่อง การเขียน โปรแกรมอ่านค่าสวิตช์</p> <p>ครูทบทวนและสรุปความเข้าใจในการทำงานของเซนเซอร์และความสัมพันธ์ของการ แทนค่าตัวแปรในโปรแกรมการทำงานงานที่ เชื่อมต่อเซนเซอร์สวิตช์กับหุ่นยนต์</p> <p>ให้นักเรียนทดลองเขียนโปรแกรมที่ A5-1 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์ สังเกตการณ์ทำงานของหุ่นยนต์</p> <p>ให้นักเรียนทดลองเขียนโปรแกรมที่ A5-2 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์ สังเกตการทำงานของหุ่นยนต์</p> <p>ให้นักเรียนทุกกลุ่มตั้งกระทู้ถาม ได้ตอบด้วยการอภิปรายผ่านทาง web board ถึงเรื่องการเขียนโปรแกรมอ่านค่าสวิตช์ แสดง ความคิดเห็นจากนั้นเขียนบันทึกส่งครู</p>

<p>กลุ่มทดลองที่ 1</p> <p>เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น</p>	<p>กลุ่มทดลองที่ 2</p> <p>เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่</p>
<p>ตอนที่ 3 เรื่องการทดสอบหุ่นยนต์ปะทะ กำแพงและการปรับแต่งโปรแกรม (เวลา 40 นาที)</p> <p>ให้นักเรียนเขียนโปรแกรมที่ 6.1 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์สังเกตการทำงานของหุ่นยนต์</p> <p>ให้นักเรียนทดลองวางสิ่งกีดขวางไว้ในตำแหน่งที่ต้องการ เปิดโปรแกรมเบสิกแอสมป์เอดิเตอร์ 2.0 และเบสิกแอสมป์เอดิเตอร์ 2.5 เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แล้วดาวน์โหลดไปยังหุ่นยนต์ สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ครั้งแรก หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทดลองกดสวิตช์ตัวใดตัวหนึ่งแสดงว่าหุ่นยนต์ถูกชน หุ่นยนต์จะถอยหลังกลับแล้วหมุนตัวเลี้ยวไปด้านตรงกันข้ามกับที่ถูกชน (เช่น ขนด้านซ้ายเลี้ยวไปด้านขวา) ทำให้หลบหลีกสิ่งกีดขวางได้</p> <p>ให้นักเรียนทดลองเขียนโปรแกรมที่ 6.2 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์และสังเกตการทำงานของหุ่นยนต์</p> <p>นักเรียนแต่ละกลุ่มยังปฏิบัติตามโจทย์ที่ครูกำหนดให้ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มปรับแต่งแก้ไขโปรแกรมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์</p> <p>ให้นักเรียนอภิปรายแสดงความคิดเห็นทาง เว็บบอร์ด และเขียนข้อสรุปที่ได้ลงในบล็อกกลุ่มให้เห็นทั่วกัน แล้วเขียนผังการทำงาน (Flowchart) ส่งครูทางอีเมลล์</p>	<p>ตอนที่ 3 เรื่องการทดสอบหุ่นยนต์ปะทะ กำแพงและการปรับแต่งโปรแกรม (เวลา 40 นาที)</p> <p>ให้นักเรียนเขียนโปรแกรมที่ 6.1 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์สังเกตการทำงานของหุ่นยนต์</p> <p>ให้นักเรียนทดลองวางสิ่งกีดขวางไว้ในตำแหน่งที่ต้องการ เปิดโปรแกรมเบสิกแอสมป์เอดิเตอร์ 2.0 และเบสิกแอสมป์เอดิเตอร์ 2.5 เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แล้วดาวน์โหลดไปยังหุ่นยนต์ สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ครั้งแรก หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทดลองกดสวิตช์ตัวใดตัวหนึ่งแสดงว่าหุ่นยนต์ถูกชน หุ่นยนต์จะถอยหลังกลับแล้วหมุนตัวเลี้ยวไปด้านตรงกันข้ามกับที่ถูกชน (เช่น ขนด้านซ้ายเลี้ยวไปด้านขวา) ทำให้หลบหลีกสิ่งกีดขวางได้</p> <p>ให้นักเรียนทดลองเขียนโปรแกรมที่ 6.2 แล้วทดสอบกับสวิตช์สัมผัสกับหุ่นยนต์และสังเกตการทำงานของหุ่นยนต์</p> <p>นักเรียนแต่ละกลุ่มยังปฏิบัติตามโจทย์ที่ครูกำหนดให้ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มปรับแต่งแก้ไขโปรแกรมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์</p> <p>ให้นักเรียนอภิปรายแสดงความคิดเห็นทาง เว็บบอร์ด และเขียนข้อสรุปที่ได้ลงในบล็อกกลุ่มให้เห็นทั่วกัน แล้วเขียนผังการทำงาน (Flowchart) ส่งครูทางอีเมลล์</p>

กลุ่มทดลองที่ 1 เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่น	กลุ่มทดลองที่ 2 เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่
<p>คำถามท้ายกิจกรรม การติดตั้งเซนเซอร์สวิตช์ต้องให้ความสำคัญในเรื่องใดบ้าง ที่ทำให้การติดตั้งนั้นสมบูรณ์</p> <p>คำตอบ 1) ต้องต่อแผงวงจรเซนเซอร์สวิตช์ ยึดติดกับแขนทั้งสองข้างของหุ่นยนต์ โดยหันด้านที่ต่อสายสัญญาณขึ้นข้างบน</p> <p>คำตอบ 2) ต่อสายจากแผงวงจรเซนเซอร์สวิตช์ด้านขวาและสวิตช์ด้านซ้ายกับขาพอร์ตที่จุดต่อ Px โดยที่ x หมายถึง เลขที่ของตำแหน่งบนขาพอร์ตนั้น เช่น P1 =ขาพอร์ตที่ 1 และอย่าลืมกำหนดค่าในโปรแกรมให้ถูกต้องด้วย คือ ถ้าใช้ P1 ให้แทนค่าเท่ากับ IN 1</p> <p>ขั้นสรุป (ใช้เวลา 10 นาที) นักเรียนถามสิ่งที่สงสัยในการทำกิจกรรมและขอให้ครูอธิบายซ้ำอีกครั้ง ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียนดังต่อไปนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) การเขียนโปรแกรมตรวจสอบการกดเซนเซอร์ 2) การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เมื่อพบสิ่งกีดขวาง 	<p>คำถามท้ายกิจกรรม การติดตั้งเซนเซอร์สวิตช์ต้องให้ความสำคัญในเรื่องใดบ้าง ที่ทำให้การติดตั้งนั้นสมบูรณ์</p> <p>คำตอบ 1) ต้องต่อแผงวงจรเซนเซอร์สวิตช์ ยึดติดกับแขนทั้งสองข้างของหุ่นยนต์ โดยหันด้านที่ต่อสายสัญญาณขึ้นข้างบน</p> <p>คำตอบ 2) ต่อสายจากแผงวงจรเซนเซอร์สวิตช์ด้านขวาและสวิตช์ด้านซ้ายกับขาพอร์ตที่จุดต่อ Px โดยที่ x หมายถึง เลขที่ของตำแหน่งบนขาพอร์ตนั้น เช่น P1 =ขาพอร์ตที่ 1 และอย่าลืมกำหนดค่าในโปรแกรมให้ถูกต้องด้วย คือ ถ้าใช้ P1 ให้แทนค่าเท่ากับ IN 1</p> <p>ขั้นสรุป (ใช้เวลา 10 นาที) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปการควบคุมแผงวงจรสวิตช์ตรวจการชนและถามครูถึงสิ่งที่สงสัยในการทำกิจกรรมให้ครูช่วยอธิบายซ้ำ</p>

สื่อการเรียนรู้

1. บทเรียน โปรแกรมหุ่นยนต์บนเว็บ เรื่อง การควบคุมการชนด้วยสวิตช์ (Touch sensor)
2. สื่อการสร้างหุ่นยนต์ไอซีบอท และคู้มือ
3. โปรแกรมเบสิกแอสตมป์เอดิเตอร์
4. อุปกรณ์ ประกอบด้วย หุ่นยนต์ /สายสัญญาณ/ไขควง วงจรสวิตช์ตรวจจับการชน
5. ซอฟต์แวร์โปรแกรม

อุปกรณ์

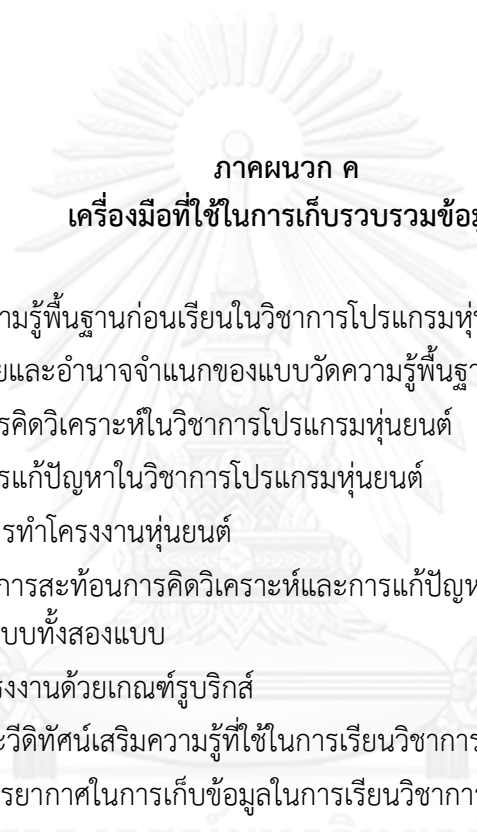
1. ไขควง , คีมปากแหลม
2. หุ่นยนต์ และชิ้นส่วนต่างๆ ที่ประกอบเป็นหุ่นยนต์
 - 2.1 สายดาวนิโหลด (สาย CX-4)
 - 2.2 แบตเตอรี่ ขนาด AA 1.5V
 - 2.3 อุปกรณ์แปลงพอร์ต เป็นพอร์ตอนุกรม (UCON-232)
 - 2.4 แผงวงจรสวิตช์ (Switch/Touch sensor)

3. เตรียมอุปกรณ์ที่เป็นสิ่งกีดขวาง

การประเมินผล

เกณฑ์การประเมินผล

1. นักเรียนนิยามของ เซนเซอร์สัมผัส ได้
2. นักเรียนสามารถติดตั้งเซนเซอร์สวิตช์ (Touch sensor) ในหุ่นยนต์ได้ถูกต้อง
3. นักเรียนสามารถเขียนโปรแกรมตรวจสอบสวิตช์ได้
4. นักเรียนเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ตามต้องการ
5. นักเรียนสามารถเขียนผังการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้
6. นักเรียนสามารถแก้ปัญหาในระหว่างการทำงานได้
7. นักเรียนมีความรับผิดชอบ ทำงานจนสำเร็จ



ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- แบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
- ค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบวัดความรู้พื้นฐานก่อนเรียน
- แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
- แบบทดสอบการแก้ปัญหาในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
- แบบประเมินการทำโครงงานหุ่นยนต์
- ตัวอย่างผลงานการสะท้อนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้การเสริมศักยภาพแบบทั้งสองแบบ
- การประเมินโครงงานด้วยเกณฑ์รูบริกส์
- ตัวอย่างเว็บและวีดิทัศน์เสริมความรู้ที่ใช้ในการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
- ตัวอย่างภาพบรรยากาศในการเก็บข้อมูลในการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

แบบวัดความรู้พื้นฐานก่อนเรียน

คำชี้แจง แบบวัดนี้เป็นแบบวัดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจ แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย X ลงในช่องตรงกับตัวอักษรที่เลือกลงในกระดาษคำตอบ

1. หุ่นยนต์ (Robot) หมายถึงเครื่องจักรกลแบบใด
 1. เครื่องจักรกลที่มีมอเตอร์และชุดเฟืองเป็นส่วนประกอบ
 - 2. เครื่องจักรกลที่มนุษย์เป็นผู้ควบคุมการทำงาน**
 3. เครื่องจักรกลที่สามารถทำงานด้วยตนเองอย่างอัตโนมัติ
 4. เครื่องจักรกลที่สามารถเคลื่อนที่ได้คล้ายมนุษย์
2. ข้อใดไม่ใช่ภารกิจของหุ่นยนต์
 1. การสำรวจใต้น้ำ
 2. การกู้ระเบิด
 3. เป็นของเล่น
 - 4. ควบคุมการทำงานของมนุษย์**
3. ส่วนประกอบหลักของหุ่นยนต์ ประกอบด้วย
 - 1. ส่วนของเครื่องยนต์กลไก วงจรไฟฟ้า โปรแกรมควบคุมการทำงาน**
 2. ส่วนของวงจรไฟฟ้า วงจรแม่เหล็ก โปรแกรมควบคุมการทำงาน
 3. ส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงาน เครื่องยนต์กลไก วงจรแม่เหล็ก
 4. ส่วนของวงจรไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อน วงจรแม่เหล็ก
4. ส่วนใดของหุ่นยนต์ เปรียบเทียบกับสมองของมนุษย์
 1. ระบบกลไกต่างๆ
 2. ระบบวงจรไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์
 - 3. หน่วยประมวลผล**
 4. เวคเตอร์ แรง โมเมนตัม
5. มอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ มีกี่ตัว
 1. 1 ตัว
 - 2. 2 ตัว**
 3. 3 ตัว
 4. 4 ตัว
6. เซนเซอร์ของหุ่นยนต์ เปรียบเทียบได้กับอวัยวะส่วนใดของร่างกายมนุษย์
 - 1. ตา**
 2. กล้ามเนื้อ
 3. ศีรษะ
 4. แขน ขา

7. ชุดเฟือง (Gear Box) มีอัตราทดเท่ากับ 1:16 ผลที่เกิดขึ้นกับเฟือง ข้อใดถูกต้อง
1. แรงบิดเพิ่มขึ้น 8 เท่า
 2. แรงบิดลดลง 16 เท่า
 3. หมุนเร็วขึ้น 8 เท่า
 4. หมุนช้าลง 16 เท่า
8. ข้อใดเป็นส่วนประกอบของเซนเซอร์แสง (Light sensor)
1. หลอดไฟ และโฟโตทรานซิสเตอร์
 2. โฟโตทรานซิสเตอร์ และสวิทช์
 3. หลอดอินฟราเรด โฟโตทรานซิสเตอร์
 4. หลอดไฟ และหลอดอินฟราเรด
9. หลอดอินฟราเรดในเซนเซอร์แสง (Light sensor) มีหน้าที่ใด
1. ให้แสงสว่าง
 2. ตรวจจับปริมาณแสงที่มาตกกระทบ
 3. ให้ความร้อนแก่วัตถุ
 4. ส่งแสงอินฟราเรดไปยังวัตถุ
10. เวลาซึ่งจักรยานเสือภูเขาขึ้นภูเขาที่มีความชัน ผู้ขี่มักลดเกียร์ลงเพราะเหตุใด
1. ทำให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น
 2. ทำให้มีแรงบิดเพิ่มขึ้น
 3. ทำให้แรงบิดลดลง
 4. ทำให้มีแรงบิดเพิ่มขึ้นและความเร็วเพิ่มขึ้น
11. ถ้าต้องการให้หุ่นยนต์วิ่งเร็วที่สุด ควรปรับชุดเฟืองให้มีอัตราทดเท่าใด
1. 1 : 8
 2. 1 : 16
 3. 1 : 32
 4. 1 : 64
12. การเลี้ยวแบบสองล้อ กับการเลี้ยวแบบล้อเดียว ต่างกันอย่างไร
1. เลี้ยวแบบสองล้อทำให้เกิดจุดหมุนหลายจุด
 2. มุมในการเลี้ยวแบบสองล้อน้อยกว่าการเลี้ยวแบบล้อเดียว
 3. มุมในการเลี้ยวแบบสองล้อมากกว่าการเลี้ยวแบบล้อเดียว
 4. เลี้ยวแบบสองล้อใช้เวลามากกว่าการเลี้ยวแบบล้อเดียว
13. การเคลื่อนที่ของล้อจะเป็นอย่างไร ถ้าหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปทางซ้าย
1. ล้อซ้ายหมุนช้า และล้อขวาหยุดหมุน
 2. ล้อซ้ายหมุนเร็วกว่าล้อขวา
 3. ล้อซ้ายหยุดหมุน แต่ล้อขวาหมุนไปด้านหน้า
 4. ล้อซ้ายหยุดหมุน แต่ล้อขวาหมุนไปด้านหลัง

14. การกำหนดค่าเวลาที่ต่างกัน จะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นระยะทางอย่างไร
1. ระยะทางเท่ากัน
 2. **ระยะทางไม่เท่ากัน**
 3. ระยะทางเพิ่มมากขึ้น
 4. ระยะทางลดลงจากเดิม
15. หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่อย่างไร เมื่อเซนเซอร์สัมผัส (Touch sensor) ถูกกด
1. **หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปตามที่โปรแกรมกำหนด**
 2. หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหลัง
 3. หุ่นยนต์จะหมุนตัว
 4. หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและจะถอยหลัง
16. ขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่อยู่ และได้รับคำสั่งให้หยุด แต่หุ่นยนต์หยุดเลยจากจุดที่ต้องการให้หยุดออกไป เป็นเพราะเหตุใด
1. **หุ่นยนต์มีแรงเฉื่อย**
 2. หุ่นยนต์มีแรงเสียดทางสูง
 3. หุ่นยนต์มีแรงเสียดทางต่ำ
 4. หุ่นยนต์มีแรงขับ
17. การเลี้ยวด้วยล้อข้างเดียว จุดหมุนอยู่ที่ใด
1. จุดหมุนอยู่ตรงกลาง
 2. **จุดหมุนอยู่ที่ล้อข้างที่หยุดนิ่ง**
 3. จุดหมุนอยู่ที่ล้อที่กำลังหมุน
 4. อยู่ที่ใดก็ได้บนตัวหุ่นยนต์
18. จงบอกลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เมื่อล้อ A หมุนไปข้างหน้า และล้อ B หมุนไปด้านหลัง
1. หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้า
 2. หุ่นยนต์เดินไปข้างหลัง
 3. **หุ่นยนต์หมุนตัว**
 4. หุ่นยนต์เลี้ยวไปด้านล้อ A
19. ในกรณีที่ต้องการให้หุ่นยนต์มีกำลังเพิ่มขึ้น ควรทำอย่างไร
1. **ตั้งชุดเกียร์ให้มีอัตราทดสูง**
 2. ตั้งชุดเกียร์ให้มีอัตราทดต่ำ
 3. ตั้งชุดเกียร์ให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น
 4. ตั้งชุดเกียร์ให้มีความเร็วต่ำลง
20. ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ
1. อุปกรณ์ควบคุมที่รวม ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต
 2. **อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กที่รวม ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต**
 3. อุปกรณ์ที่ป้อนชุดคำสั่งให้ทำงานได้อย่างอัตโนมัติ
 4. อุปกรณ์ขนาดเล็กที่เป็นส่วนติดต่อกับพอร์ตเพื่อรับ ส่งสัญญาณข้อมูล

21. ข้อใดที่คล้ายการทำงานของเซนเซอร์สัมผัส
1. เครื่องปอกมันฝรั่ง
 2. จักรยาน
 3. แทนหมุนโทรศัพท์
 4. ถังขยะที่ใช้เท้าเหยียบ
22. สีใดต่อไปนี้ดูดกกลืนแสงได้มากที่สุด
1. สีขาว
 2. สีแดง
 3. สีเขียว
 4. สีน้ำเงิน
23. ข้อใดที่ **ไม่มี** ผลต่อความแม่นยำในการทำงานของเซนเซอร์แสง (Light sensor)
1. ระยะห่างระหว่างวัตถุกับเซนเซอร์แสง
 2. สีของวัตถุ
 3. พื้นผิวของวัตถุ
 4. อุณหภูมิของวัตถุ
24. หุ่นยนต์ให้ประโยชน์ด้านใดมากที่สุด
1. ด้านการแพทย์
 2. ด้านการวิจัย
 3. ด้านอุตสาหกรรม
 4. ด้านบันเทิง
25. ในโฟโต้ทรานซิสเตอร์นั้น ถ้าแสงสะท้อนมีค่ามาก แสดงถึงอะไร
1. มีแสงสะท้อนน้อย
 2. ไม่มีแสงสะท้อน
 3. มีแสงสะท้อนมาก
 4. บอกไม่ได้แน่ชัด

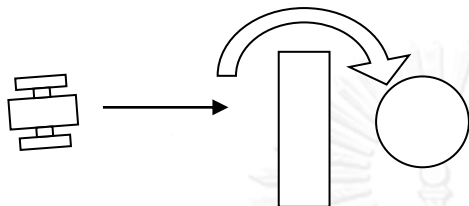
ค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบวัดความรู้พื้นฐานก่อนเรียน

ข้อที่	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก	แปลผล	นำไปใช้
1	0.81	0.27	ง่าย	✓
2	0.77	0.20	ค่อนข้างง่าย	✓
3	0.73	0.27	ค่อนข้างง่าย	✓
4	0.80	0.27	ค่อนข้างง่าย	✓
5	0.63	0.20	ปานกลาง	✓
6	0.70	0.20	ปานกลาง	✓
7	0.80	0.27	ค่อนข้างง่าย	✓
8	0.73	0.27	ค่อนข้างง่าย	✓
9	0.80	0.53	ค่อนข้างง่าย	✓
10	0.77	0.20	ค่อนข้างง่าย	✓
11	0.73	0.27	ปานกลาง	✓
12	0.80	0.53	ค่อนข้างง่าย	✓
13	0.80	0.27	ค่อนข้างง่าย	✓
14	0.80	0.40	ค่อนข้างง่าย	✓
15	0.80	0.27	ค่อนข้างง่าย	✓
16	0.77	0.20	ค่อนข้างง่าย	✓
17	0.77	0.20	ค่อนข้างง่าย	✓
18	0.80	0.27	ค่อนข้างง่าย	✓
19	0.70	0.33	ปานกลาง	✓
20	0.63	0.20	ปานกลาง	✓
21	0.60	0.27	ปานกลาง	✓
22	0.57	0.33	ปานกลาง	✓
23	0.80	0.27	ค่อนข้างง่าย	✓
24	0.67	0.40	ค่อนข้างง่าย	✓
25	0.70	0.33	ปานกลาง	✓

แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์

คำชี้แจง จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้และตอบคำถามที่เห็นว่าถูกต้องที่สุด เพียงคำตอบเดียวเท่านั้น โดยทำเครื่องหมาย X ทับข้อที่เลือก

ข้อ 1.) จากการฝึกปฏิบัติให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตรงไปข้างหน้า เมื่อพบสิ่งกีดขวาง จึงหยุดแล้ว เลี้ยวซ้ายอ้อมหลบสิ่งกีดขวางเป็นรูปครึ่งวงกลม ตามรูปด้านล่าง นักเรียนคิดว่าจะอย่างไร ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ตามเส้นทางที่กำหนด จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด



คำตอบ

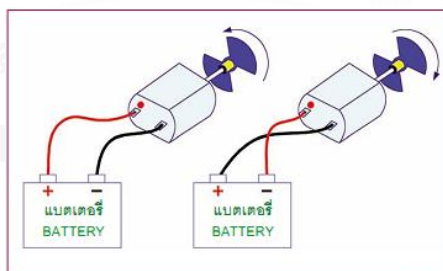
ก. ต้องเลี้ยวซ้ายก่อนกำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นรูปครึ่งวงกลมหลบสิ่งกีดขวาง ไปทางขวาที่ละน้อยใช้ระยะเวลาสั้นๆ อย่างต่อเนื่อง หุ่นยนต์จึงหลบสิ่งกีดขวางได้

ข. ต้องเลี้ยวซ้ายก่อนกำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นรูปครึ่งวงกลมหลบสิ่งกีดขวาง ต้องปรับตั้งที่โปรแกรมในส่วนของเวลาให้ปรับเลี้ยวขวาที่ละน้อยโดยใช้ระยะเวลาสั้นๆ ครั้งละ 0.5-1 วินาที อย่างต่อเนื่อง

ค. ต้องเลี้ยวซ้ายก่อนกำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นรูปครึ่งวงกลมของสิ่งกีดขวางเพื่อให้สิ่งกีดขวางหลบให้เส้นทางจะได้เคลื่อนที่ต่อไปได้

ง. ต้องเลี้ยวซ้ายก่อนกำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นรูปครึ่งวงกลมหลบสิ่งกีดขวาง ให้ปรับเลี้ยวขวาโดยใช้ระยะเวลาสั้นๆ ครั้งละ 0.5-1 วินาที หุ่นยนต์จึงหลบสิ่งกีดขวางได้

ข้อ 2.) การหมุนของมอเตอร์เกิดจากการจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ให้กับตัวมอเตอร์ โดยจ่ายไฟที่ขั้วบวก (+ = High) และจ่ายไฟขั้วลบ (- = Low) เพื่อให้เกิดความต่างศักย์ของไฟฟ้า แต่ถ้ามอเตอร์ของหุ่นยนต์ไม่หมุน นักเรียนคิดว่าเกิดจากสาเหตุใด จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด



คำตอบ

ก. มีความต่างศักย์ของไฟฟ้าเท่ากัน

ข. มีความต่างศักย์ของไฟฟ้าไม่เท่ากัน

ค. มีการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ทั้งสองขั้วไม่เท่ากัน

ง. ไม่มีข้อใดกล่าวถูกต้อง

ข้อ 3.) จากการทดลองใช้หุ่นยนต์ 2 ตัว เคลื่อนที่ด้วยวิธีเดียวกัน พบว่าหุ่นยนต์ตัวหนึ่งเปลี่ยนแบตเตอรี่บ่อยกว่าอีกตัวหนึ่ง โดยมีคำสั่งใน sub routine ดังนี้

หุ่นยนต์ A

```
' {$STAMP BS2sx}
' {$PBASIC 2.5}
.....
.....
STOP High 13 : High 12 : High 14 :
High 14
```

หุ่นยนต์ B

```
' {$STAMP BS2sx}
' {$PBASIC 2.5}
.....
.....
STOP Low 13 : Low 12 : Low 15 : Low
14
```

จากคำสั่งข้างต้นนักเรียนคิดว่า หุ่นยนต์ตัวไหนน่าจะเปลี่ยนแบตเตอรี่บ่อยกว่ากัน และเป็นเพราะเหตุใด

คำตอบ

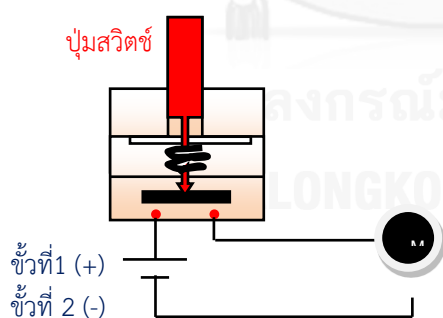
ก. หุ่นยนต์ A เพราะมีการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ตลอดเวลา แม้ว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเท่ากัน จึงใช้พลังงานมากกว่า

ข. หุ่นยนต์ B เพราะมีการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ตลอดเวลา แม้ว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะต่างกัน จึงใช้พลังงานมากกว่า

ค. หุ่นยนต์ A เพราะไม่มีการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ตลอดเวลา แม้ว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะต่างกัน จึงใช้พลังงานมากกว่า

ง. หุ่นยนต์ B เพราะไม่มีการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ตลอดเวลา แม้ว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเท่ากัน จึงใช้พลังงานมากกว่า

ข้อ 4.) เมื่อเวลานำรถยนต์เข้าบ้าน เรากดที่ปุ่มสวิตช์หน้าบ้านแล้วทำให้มอเตอร์ของประตูบ้านเปิดออก ถ้าไม่กดปุ่มสวิตช์ มอเตอร์ของประตูหยุดทำงาน คล้ายกับการทำงานของแผงวงจรสวิตช์ของหุ่นยนต์ เรียกว่า “กดติด ปล่อดับ” อยากทราบว่า การทำงานของปุ่มสวิตช์ประตูบ้านทำงานอย่างไร จงเลือกข้อที่ถูกที่สุด



คำตอบ

ก. เมื่อเลิกกดปุ่มสวิตช์ มีการเชื่อมต่อขั้วที่ 1 กับขั้วที่ 2 ทำให้วงจรปิด มอเตอร์ประตูจึงเปิดได้

ข. เมื่อกดปุ่มสวิตช์ มีการเชื่อมต่อขั้วที่ 1 กับขั้วที่ 2 ทำให้วงจรเปิด มอเตอร์ประตูจึงเปิดได้

ค. เมื่อกดปุ่มสวิตช์ มีการเชื่อมต่อขั้วที่ 1 กับขั้วที่ 2 ทำให้วงจรเปิด มอเตอร์ประตูจึงปิดลง

ง. เมื่อกดปุ่มสวิตช์ มีการเชื่อมต่อขั้วที่ 1 กับขั้วที่ 2 ทำให้วงจรปิด มอเตอร์ประตูจึงเปิดได้

ข้อ 5.) จากการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ที่ผ่านมา ให้นักเรียนวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของพอร์ตอนุกรมที่เป็นส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ เมื่อนำมาใช้ร่วมกับหุ่นยนต์อัตโนมัติ



คำตอบ

- ก. มีการเชื่อมต่อเพื่อรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังหุ่นยนต์
- ข. มีการเชื่อมต่อเพื่อส่งข้อมูลจากหุ่นยนต์ไปยังคอมพิวเตอร์
- ค. มีการเชื่อมต่อโปรแกรมและสื่อสารข้อมูล
- ง. ทำหน้าที่ทุกข้อที่กล่าวมานี้

ข้อ 6.) แนวคิดของการใช้ไม้เท้าของคนตาบอดหรือคนพิการทางสายตาที่จะเดินไปไหนตามถนน ที่ต้องใช้ไม้เท้าเคาะเวลาเดินไปตามทางเดิน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเซนเซอร์ของหุ่นยนต์ จะเปรียบได้กับอะไร จงเลือกข้อที่ถูกที่สุด

คำตอบ

- ก. ไม้เท้าเคาะเปรียบได้กับเซนเซอร์สัมผัสใช้ตรวจการชนของหุ่นยนต์จากสิ่งกีดขวางและสภาพแวดล้อม
- ข. ไม้เท้าเคาะเปรียบได้กับเซนเซอร์เสียงทำหน้าที่เป็นเครื่องนำทางให้สามารถเดินได้รวดเร็วขึ้น
- ค. ไม้เท้าเคาะเปรียบได้กับเซนเซอร์เสียงที่ส่งเสียงดังเตือนของหุ่นยนต์ เวลาเคาะพื้นถนนให้เสียงดังเพื่อให้คนที่เดินผ่านหลบให้พ้นจากการเดินของคนตาบอด
- ง. ไม้เท้าเคาะช่วยป้องกันการหกล้ม ช่วยพยุงตัวและเคลื่อนที่ได้อย่างปลอดภัย

ข้อ 7.) จงวิเคราะห์ว่าทำไมเซนเซอร์สัมผัสเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน อาทิเช่น การใช้การสัมผัสบนหน้าจอ โทรศัพท์มือถือ และแท็บเล็ต

คำตอบ

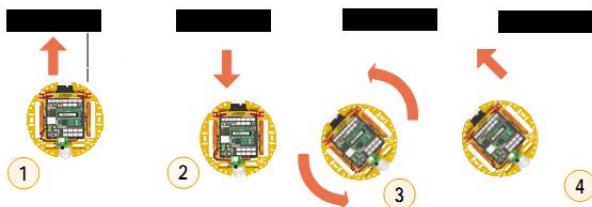
- ก. สะดวก รวดเร็ว ใช้งานง่าย
- ข. เหมือนสวิตช์ปิด เปิด หลอดไฟตามบ้าน
- ค. สามารถตรวจจับการชนต่างๆได้
- ง. ข้อมูลที่ส่งเป็นข้อมูลแบบดิจิทัล

ข้อ 8.) จากการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติกับคอมพิวเตอร์ เมื่อเราต้องการสื่อสารข้อมูลระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ โดยส่งข้อมูลระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ และรับข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับหุ่นยนต์ โดยใช้การดาวน์โหลดโปรแกรมผ่านได้ด้วยวิธีใดบ้าง

คำตอบ

- ก. จุดต่อทางพอร์ต USB
- ข. จุดต่อทางพอร์ตอนุกรม และตัวแปลงพอร์ต USB
- ค. จุดต่อทางพอร์ต อินพุตอะนาล็อก
- ง. จุดต่อทางพอร์ตเอาต์พุตดิจิทัล

ข้อ 9.) จากการทดลองการตรวจจับสิ่งกีดขวางจากที่ใช้เซนเซอร์สัมผัสชนเข้ากับสิ่งกีดขวาง แล้วให้หุ่นยนต์เปลี่ยนเส้นทาง แต่เมื่อใช้งานกับโมดูล GP2D120 หุ่นยนต์ไม่จำเป็นต้องสัมผัสสิ่งกีดขวางโดยตรง เพียงวัดระยะว่า สิ่งกีดขวางที่อยู่ด้านหน้านั้นมีระยะใกล้กว่าที่กำหนด หุ่นยนต์จะถอยหลังและเปลี่ยนเส้นทางทันที จงวิเคราะห์เหตุการณ์นี้ว่าใช้หลักการใดมาช่วยในการทำงาน และเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด



คำตอบ

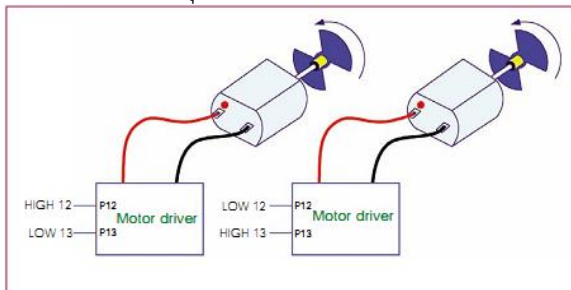
- ก. ใช้หลักการของการสะท้อนของเสียง มาช่วยในการทำงานโดยส่งเสียงอัลตราโซนิกลงไปกระทบสิ่งกีดขวางแล้วนับเวลาที่เสียงนั้นสะท้อนกลับมา เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางได้
- ข. ใช้หลักการของการสะท้อนของแสง มาช่วยในการทำงานโดยส่งแสงอินฟราเรดไปกระทบสิ่งกีดขวางแล้วสะท้อนกลับมาที่ภาครับโดยใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ช่วยคำนวณค่าหาระยะทาง เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางได้
- ค. ไม่ได้ใช้หลักการอะไร ใช้ชุดคำสั่งโปรแกรมควบคุมการแปลงค่าระยะทางจากดิจิตอลเป็นอนาลอกให้กับหุ่นยนต์แทน เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางได้
- ง. ไม่ได้ใช้หลักการอะไร ตัวโมดูล GP2D120ทำงานได้โดยอัตโนมัติเมื่อติดตั้งเสร็จและเปิดปุ่มเพาเวอร์ให้หุ่นยนต์ทำงาน สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้ทันที

ข้อ 10.) ในการทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นโดยใช้แผงวงจรตรวจจับเส้น 3 จุด เป็นการช่วยให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามเส้นทางต่างๆ ในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นทางเมื่อมาทางแยกที่มีเส้นตัดผ่านด้านหน้า อาจเป็นสี่แยกหรือสามแยกก็ได้ ให้ท่านวิเคราะห์ว่า จะต้องใช้หลักการใดเขียนโปรแกรมเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ระหว่างทาง 3แยกได้

คำตอบ

- ก. ทางด้านซ้ายและด้านขวาของแผงวงจรตรวจจับเป็นสีดำ ส่วนตรงกลางเป็นสีขาว
- ข. แผงวงจรตรวจจับการสะท้อนทางด้านขวามีสองตัว อ่านค่าได้เป็นสีขาว ด้านซ้ายสุดอ่านค่าได้เป็นสีดำ
- ค. แผงวงจรตรวจจับเส้นด้านซ้ายและตรงกลางเป็นสีดำ ส่วนด้านขวาสุดอ่านค่าได้เป็นสีขาว
- ง. แผงวงจรตรวจจับเส้นทั้ง 2 ตัวด้านขวาและตรงกลาง ตรวจจับพบสีดำ ด้านซ้ายอ่านค่าได้เป็นสีขาว

ข้อ 11.) ในการต่อขั้วมอเตอร์สำหรับให้หุ่นยนต์ทำงานนั้น เมื่อเด็กชายต้ม ต่อขั้วมอเตอร์เสร็จแล้ว เปิดสวิตซ์ให้หุ่นยนต์เริ่มทำงาน ปรากฏว่าหุ่นยนต์ทำงานโดยหมุนกลับทิศทางตรงข้ามกับที่ตั้งใจไว้ คือให้เดินตามเข็มนาฬิกา แต่กลับหมุนทวนเข็มนาฬิกา จงวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขให้เด็กชายต้ม



คำตอบ

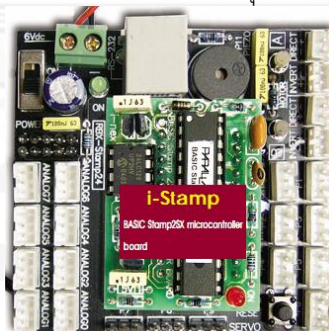
ก. มอเตอร์ของหุ่นยนต์เสียทั้งสองข้าง จึงทำให้หมุนผิด เป็นหมุนทวนเข็มนาฬิกา ต้องเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ ทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามต้องการ

ข. เพราะว่าต่อขั้วมอเตอร์ผิดจึงต้องตรวจจุดต่อขั้วมอเตอร์ให้ดีกว่าก่อนต่อขั้วมอเตอร์ คือการต่อขั้วมอเตอร์อาจต่อเป็น invert ทั้งคู่ ทำให้หมุนกลับทิศทาง ต้องสลับการต่อขั้วมอเตอร์เป็น direct ทั้งคู่ ทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามต้องการ

ค. มอเตอร์ของหุ่นยนต์ปกติ แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานผิดพลาด ทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทาง ต้องเปลี่ยนไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวใหม่ ทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามต้องการ

ง. เป็นเพราะแบตเตอรี่อ่อนมากส่งผลให้หุ่นยนต์ทำงานผิดพลาด ทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทาง ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ ทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามต้องการ

ข้อ 12.) ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับหุ่นยนต์นั้น หากคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานไม่มีพอร์ตอนุกรมมาให้ ท่านจงวิเคราะห์ว่าจะให้คอมพิวเตอร์นั้นสามารถสื่อสารกับหุ่นยนต์ได้อย่างไร



คำตอบ

ก. ต่อสายดาวินโหลด CX-4 เข้ากับตัวแปลงสัญญาณพอร์ต USB เป็นพอร์ต RS-232 เสียบเข้าที่ช่อง USB ของคอมพิวเตอร์

ข. ต่อสายดาวินโหลด CX-4 เข้ากับหุ่นยนต์โดยใช้ตัวแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัล โมดูล GP2D120 เข้าที่ช่อง USB ของคอมพิวเตอร์

ค. ต้องใช้การเขียนคำสั่งโปรแกรมควบคุมให้แปลงสัญญาณจาก Comport เป็น USB เท่านั้นจึงสามารถติดต่อได้

ง. ต้องใช้การเขียนคำสั่งโปรแกรมควบคุมให้แปลงสัญญาณจากอะนาลอกเป็นดิจิทัลเท่านั้นจึงสามารถติดต่อได้

ข้อ 13.) จากการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นั้น ถ้าต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยการเลี้ยว ท่านจงวิเคราะห์ว่า การเลี้ยวโดยใช้ล้อทั้งสองข้างของหุ่นยนต์ ใช้วิธีใด

คำตอบ

- ก. ให้ล้อทั้งสองข้างหมุนกลับทิศทางการเคลื่อนที่
- ข. ให้จุดศูนย์กลางการเลี้ยวอยู่ตรงกลางระหว่างล้อทั้งสองข้าง
- ค. ให้องศาการหมุนกว้างกว่าเดิม
- ง. ให้ล้อข้างหนึ่งหยุดหมุน ล้ออีกข้างทำการเลี้ยว

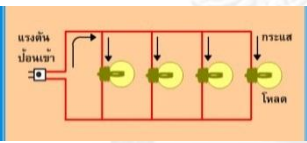
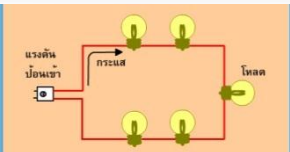
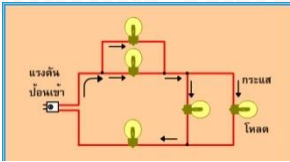
ข้อ 14.) จากคำถามในข้อที่ผ่านมา (ข้อ 13) ท่านจงวิเคราะห์ว่า การเลี้ยวแบบหมุนได้ทั้งซ้ายและขวาของหุ่นยนต์ทำได้อย่างไร

คำตอบ

- ก. ให้ล้อทั้งสองข้างหมุนกลับทิศทางการเคลื่อนที่
- ข. ให้จุดศูนย์กลางการเลี้ยวอยู่ตรงกลางระหว่างล้อทั้งสองข้าง
- ค. ให้องศาการหมุนกว้างกว่าเดิม
- ง. ให้ล้อข้างหนึ่งหยุดหมุน ล้ออีกข้างหนึ่งทำการเลี้ยว

ข้อ 15.) นายสว่างต้องการต่อหลอดไฟฟ้าในบ้านให้สว่างมากขึ้น โดยต้องการต่อหลอดไฟเพิ่มขึ้นอีก 2 ดวงโดยไม่เพิ่มค่าใช้จ่ายมากนัก ท่านจงวิเคราะห์ว่า นายสว่างจะเลือกวิธีการต่อไฟฟ้าของหลอดไฟด้วยวิธีใดจึงจะประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด

คำตอบ

- ก. ต่อแบบขนาน 
- ข. ต่อแบบอนุกรม หรือต่อตามกัน 
- ค. ต่อผสมทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน 
- ง. ต่อวิธีใดก็ได้ให้มีไฟฟ้าสว่างเพิ่มขึ้น

ข้อ 16.) ในการแข่งขันหุ่นยนต์ นักเรียนพบว่าผู้เข้าแข่งขันนิยมนำโฟโต้ทรานซิสเตอร์ มาใช้ในการแข่งขันกันมาก จึงวิเคราะห์ว่าเหตุใด จึงเป็นเช่นนั้น

คำตอบ

- ก. เป็นเหมือนสวิตช์เปิดปิดไฟอัตโนมัติ
- ข. เป็นเหมือนเครื่องขยายเสียง ปรับให้ระดับเสียงดังหรือค่อยได้
- ค. ขยายกระแสไฟฟ้า และขยายสัญญาณ
- ง. รับแสงสะท้อนอินฟราเรดจากวัตถุ

ข้อ 17.) ในการทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ถ้าต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นวงกลมได้ ให้ท่านวิเคราะห์ว่า มอเตอร์ของหุ่นยนต์ทำงานได้อย่างไร

คำตอบ

- ก. ให้มอเตอร์หุ่นยนต์ทั้ง 2 ข้างคือ (A และ B) ทำงานในทิศทางเดียวกัน ใช้ความเร็วของมอเตอร์เท่ากัน
- ข. กำหนดให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวทำงานในทิศทางตรงข้ามกัน ใช้ความเร็วของมอเตอร์เท่ากัน
- ค. ให้มอเตอร์หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว ทำงานในทิศทางเดียวกัน ใช้ความเร็วของมอเตอร์แตกต่างกัน
- ง. กำหนดให้มอเตอร์หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวทำงานในทิศทางตรงข้ามกัน และใช้ความเร็วของมอเตอร์แตกต่างกัน

ข้อ 18.) ในฐานะที่ท่านเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ จนจบแล้ว จงวิเคราะห์ว่า อุปกรณ์ใดจัดว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ขาดไม่ได้ ของเซนเซอร์แสง

คำตอบ

- ก. หลอดไฟ LED และโฟโต้ทรานซิสเตอร์
- ข. สวิตช์ และโฟโต้ทรานซิสเตอร์
- ค. หลอดอินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์
- ง. หลอดไฟ LED และหลอดอินฟราเรด

ข้อ 19.) จากความรู้ในเรื่องมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ท่านจงวิเคราะห์ว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าใดต่อไปนี้ ไม่ได้ใช้ หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจากถ่านไฟฉายที่เคยเรียนมา

คำตอบ

- ก. เครื่องซักผ้า
- ข. เครื่องปั่นน้ำผลไม้
- ค. ตู๊กตาเคลื่อนไหว
- ง. พัดลมตั้งโต๊ะ

ข้อ 20.) จากการทดลองใช้หุ่นยนต์ 2 ตัว เคลื่อนที่ด้วยวิธีแบบเดียวกัน พบว่าหุ่นยนต์ตัวหนึ่งเปลี่ยนแบตเตอรี่บ่อยกว่าอีกตัวหนึ่ง จากการสังเกตพบว่า หุ่นยนต์ A เปลี่ยนแบตเตอรี่บ่อยกว่าหุ่นยนต์ B จากเหตุการณ์นี้ ท่านจะเขียนคำสั่งเช่นไรเพื่อให้มอเตอร์ของ หุ่นยนต์ A มีการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ให้น้อยที่สุด จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด

คำตอบ

- ก. ต้องกำหนดให้ขาของหุ่นยนต์ A เป็น LOW ทั้งคู่ เพื่อประหยัดพลังงาน
- ข. ต้องกำหนดให้ขาของหุ่นยนต์ A เป็น LOW และ HIGH เพื่อให้พลังงานลดลง
- ค. ต้องกำหนดให้ขาของหุ่นยนต์ A เป็น LOW และ HIGH เพื่อให้พลังงานมีความสมดุล
- ง. ต้องกำหนดให้ขาของหุ่นยนต์ B เป็น HIGH ทั้งคู่ เพื่อให้หุ่นยนต์ B มีพลังงานสะสมมาก จะเปลี่ยนแบตเตอรี่ช้ากว่าเดิม

ข้อ 21.) ถ้าท่านเห็นหุ่นยนต์อัตโนมัติตัวหนึ่ง สามารถเคลื่อนที่หลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ โดยไม่สัมผัสกับสิ่งกีดขวาง ในฐานะที่ท่านเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์มา ให้ท่านวิเคราะห์ว่า หุ่นยนต์ตัวนั้น ต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ใดบ้างช่วยในการทำงาน

คำตอบ

- ก. เซนเซอร์ตรวจจับการสัมผัส
- ข. เซนเซอร์ตรวจจับแสง
- ค. เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ
- ง. เซนเซอร์ตรวจจับการสะท้อนของแสง

ข้อ 22.) การกำหนดระยะเวลาทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขึ้นอยู่กับค่าเวลาที่พลังงานให้กับมอเตอร์หุ่นยนต์ ถ้าต้องการให้หุ่นยนต์ 2 ตัวเคลื่อนที่ได้ระยะทางที่เท่ากัน ด้วยเวลาเท่ากัน เพื่อให้การทำงานได้สำเร็จท่านต้องคำนึงถึงองค์ประกอบใดบ้าง

คำตอบ

- ก. ใช้พลังงานที่เป็นแบตเตอรี่เก่า 1 ตัวและแบตเตอรี่ใหม่ 1 ตัว
- ข. ใช้พลังงานที่เป็นแบตเตอรี่ใหม่ทั้ง 2 ตัว
- ค. ใช้พลังงานที่เป็นแบตเตอรี่เก่าทั้ง 2 ตัว
- ง. ใช้พลังงานชนิดใดก็ได้ที่ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้

ข้อ 23.) ในสนามการแข่งขัน หากท่านต้องการให้หุ่นยนต์เลี้ยวขวา ให้ท่านวิเคราะห์ถึงการทำงานของล้อทั้งซ้ายและขวาว่าความสัมพันธ์กันอย่างไร

คำตอบ

- ก. ให้ล้อขวาหยุดนิ่ง ล้อซ้ายเดินหน้าหมุนไปทางล้อขวา
- ข. ให้ล้อซ้ายหยุดนิ่ง ล้อขวาเดินหน้าหมุนไปทางล้อซ้าย
- ค. ให้จุดศูนย์กลางอยู่ตรงกลางระหว่างล้อซ้ายและขวา แล้วเลี้ยว
- ง. ให้ล้อขวาหมุนไปทางด้านหน้า ล้อซ้ายหมุนไปทางด้านหลัง จึงเลี้ยว

ข้อ 24.) การปฏิบัติการในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ หากท่านต้องการให้หุ่นยนต์หมุนเลี้ยว 180 องศา ให้ท่านวิเคราะห์ว่าการทำงานของล้อขวาและล้อซ้าย มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

คำตอบ

- ก. ให้จุดหมุนอยู่ตรงกลางระหว่างล้อทั้งสองข้าง
- ข. กำหนดให้ล้อข้างหนึ่งหมุนไปข้างหน้า ล้ออีกข้างหนึ่งหมุนไปข้างหลัง
- ค. ล้อทั้งสองข้างเมื่อทำการหมุนจะกว้างกว่าเดิม เป็น 2 เท่า (180 องศา)
- ง. ถูกทั้งสามข้อ

ข้อ 25.) ในการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ให้ท่านวิเคราะห์ว่าการเลี้ยวแบบสองล้อกับการเลี้ยวแบบล้อเดียว การเลี้ยวของล้อทั้งสองแบบ แตกต่างหรือสัมพันธ์กันอย่างไร

คำตอบ

- ก. เลี้ยวแบบสองล้อ ทำให้เกิดจุดหมุนหลายจุด
- ข. เลี้ยวแบบสองล้อใช้เวลามากกว่าการเลี้ยวแบบล้อเดียว
- ค. มุมในการเลี้ยวแบบสองล้อน้อยกว่าการเลี้ยวแบบล้อเดียว
- ง. มุมในการเลี้ยวแบบสองล้อมากกว่าการเลี้ยวแบบล้อเดียว

ข้อ 26.) เวลาที่ท่านเดินเข้าไปในร้านสะดวกซื้อ บานประตูเปิดได้เองโดยอัตโนมัติ จากความรู้ที่ท่านได้เรียนในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ให้ท่านวิเคราะห์ว่าการทำงานของบานประตูอัตโนมัตินี้ มีอุปกรณ์ใดที่เกี่ยวข้อง

คำตอบ

- ก. ใช้เซนเซอร์ตรวจจับ ติดที่บานประตู
- ข. ใช้วงจรตรวจจับการสะท้อนของแสง
- ค. ติดมอเตอร์บานประตูเลื่อนเทียบแทมมอเตอร์หุ่นยนต์
- ง. ใช้คำสั่งควบคุมการทำงานของบานประตู

ข้อ 27.) ในการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ระยะทางไม่เท่ากัน ขึ้นกับเวลาที่จ่ายพลังงานให้กับมอเตอร์ของหุ่นยนต์ จริงหรือไม่ จงเลือกข้อที่ถูกต้อง

คำตอบ

- ก. จริง เพราะถ้าให้เวลานาน ทำให้หุ่นยนต์ได้พลังงานเพิ่มขึ้น
- ข. จริง เพราะเวลาน้อยลง พลังงานที่ให้กับหุ่นยนต์น้อยตามไปด้วย
- ค. ไม่จริง เพราะพลังงานอยู่ในแบตเตอรี่ของหุ่นยนต์แต่ละตัวไม่เท่ากัน
- ง. ไม่จริง เพราะการกำหนดเวลาไม่ได้เพิ่มพลังงานให้กับมอเตอร์ของหุ่นยนต์

ข้อ 28.) นายเอนก ทดลองเชื่อมต่อหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ตามคู่มือเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และการสร้างหุ่นยนต์ ผลปรากฏว่า คอมพิวเตอร์แสดงผลว่า ล้มเหลว (error) นายเอนกทดลองใหม่โดยเลือกปรับที่ port ไปที่ com3 แทนที่ com1 ปรากฏว่าคอมพิวเตอร์ตอบรับ ว่า welcome ที่หน้าจอ Debug terminal จากการทดลองของนายเอนก ให้ท่านวิเคราะห์ว่าในการเชื่อมต่อหุ่นยนต์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ต้องใช้อุปกรณ์ใดบ้างที่ใช้ในการเชื่อมต่อได้สำเร็จ

คำตอบ

- ก. สายสัญญาณดาวินโหลต ,พอร์ต ucon 232 , พอร์ต USB
- ข. software โปรแกรม,สายสัญญาณดาวินโหลต ,พอร์ต ucon 232
- ค. พอร์ต USB, software โปรแกรม ,พอร์ต ucon 232
- ง. สายสัญญาณดาวินโหลต ,พอร์ต ucon 232 ,พอร์ต USB, software โปรแกรม

ข้อ 29.) หลังจากที่นักเรียนติดตั้งแผงวงจรตรวจจับแสงสะท้อนอินฟราเรด ZX-03Q เข้ากับหุ่นยนต์เสร็จ ได้เขียนโปรแกรมทดสอบการทำงานของแผงวงจรตรวจจับการสะท้อนของหุ่นยนต์ หากนำหุ่นยนต์ไปวางที่บริเวณพื้นที่สีขาว ให้ท่านวิเคราะห์ว่า ผลของการอ่านค่าแสงที่ได้จากแผงวงจรตรวจจับการสะท้อนมีค่าที่อ่านได้สัมพันธ์กับพื้นที่สีขาวอย่างไร

คำตอบ

- ก. พื้นที่สีขาวจะอ่านค่าแสงได้ ประมาณ 700 ถึง 1023
- ข. พื้นที่สีขาวจะอ่านค่าแสงได้ ประมาณ 20 ถึง 400
- ค. พื้นที่สีขาวจะอ่านค่าแสงได้ ประมาณ 1200 ถึง 2063
- ง. พื้นที่สีขาวจะอ่านค่าแสงได้ ประมาณ 240 ถึง 9600

ข้อ 30.) หากนักเรียนไม่สามารถอ่านค่าแสงที่อยู่ในช่วงแสงสีขาวและแสงสีดำได้ ให้ท่านวิเคราะห์ว่าเกิดอะไรขึ้นกับการทำงานของหุ่นยนต์ จงเลือกข้อที่ถูกที่สุด

คำตอบ

- ก. แผงวงจรตรวจจับแสงสะท้อน ZX-03Q เสีย ทำให้อ่านค่าผิดพลาด
- ข. การติดตั้งแผงวงจรตรวจจับแสงสะท้อน ZX-03Q รวมทั้งการต่อสายสัญญาณมีความผิดพลาด
- ค. มีแสงสว่างจากภายนอกเข้ามารบกวนการทำงานของแผงวงจร ZX-03Q
- ง. แบตเตอรี่ของหุ่นยนต์อ่อนกำลัง ทำให้อ่านค่าผิดพลาด

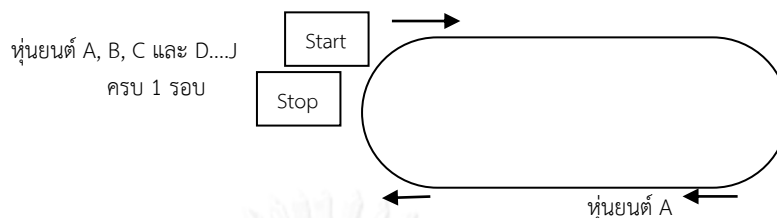
แบบทดสอบการแก้ปัญหา

คำชี้แจง จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้และตอบคำถามที่เห็นว่าถูกต้องที่สุด เพียงคำตอบเดียวเท่านั้น โดยทำเครื่องหมาย X ทับข้อที่เลือก

สถานการณ์ที่ 1 นาย คิง เรียน การศึกษานอกโรงเรียน นายคิงเห็นการแข่งขันหุ่นยนต์ในโทรทัศน์ จึงสนใจจะเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ แม้นตนเองจะไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อน ครูบอกให้นายคิง เตรียมตัวประกอบหุ่นยนต์ และให้หนังสือคู่มือการสร้างหุ่นยนต์มาด้วย นายคิง ทดลองประกอบหุ่นยนต์ด้วยตนเอง ปรากฏว่าประกอบไม่ได้ตามที่บอกไว้ในหนังสือคู่มือ

1. ข้อใดเป็นปัญหาของสถานการณ์นี้
 1. ประกอบหุ่นยนต์ ไม่ได้
 2. ไม่เคยปฏิบัติจริง เห็นแต่ในภาพ
 3. อุปกรณ์การประกอบหุ่นยนต์ไม่ครบถ้วน
 4. การประกอบหุ่นยนต์ไม่เป็นไปตามขั้นตอน
2. **ข้อใดที่ไม่ใช่** สาเหตุของสถานการณ์นี้ คือข้อใด
 1. นายคิงเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์
 2. ไม่เคยประกอบหุ่นยนต์มาก่อน เลยไม่กล้าทำ
 3. ชิ้นส่วนต่างๆ ในการประกอบหุ่นยนต์ไม่ครบถ้วน
 4. ขาดความเข้าใจในการประกอบหุ่นยนต์จากการอ่านคู่มือในการประกอบหุ่นยนต์ล่วงหน้า
3. ข้อใดเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์นี้
 1. ต้องอ่านคู่มือการสร้างหุ่นยนต์ให้ละเอียด
 2. ต้องเข้าใจการใช้ชิ้นส่วนต่างๆ ที่ประกอบเป็นหุ่นยนต์
 3. ต้องประกอบหุ่นยนต์พร้อมกับศึกษาคู่มือการประกอบไปพร้อมๆ กัน
 4. ต้องให้ครูผู้สอนสาธิตให้ดูก่อน
4. ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ไขสถานการณ์นี้ คือข้อใด
 1. ประกอบหุ่นยนต์ได้ถูกต้อง
 2. การติดตั้งแอสตัมป์บ็อกซ์ ทำได้ถูกต้อง
 3. ปฏิบัติตามขั้นตอนของการประกอบหุ่นยนต์ทุกครั้ง
 4. สามารถนำหุ่นยนต์มาใช้งานในชีวิตประจำวันได้

สถานการณ์ที่ 2 นายวิชัยนำเด็กชาย เอ้ บุตรชายไปชมการแข่งขันหุ่นยนต์ มีหุ่นยนต์เข้าแข่งขันทั้งหมด 10 ตัว มีหุ่นยนต์ A, B, C และ D ที่นายวิชัยรู้จักอยู่ด้วย การแข่งขันครั้งนี้ แข่งขันกัน 8 รอบสนาม เมื่อถึงรอบที่ 6 หุ่นยนต์ A หยุดนิ่ง จนหุ่นยนต์ตัวอื่นวิ่งแข่งขันหน้าไปหมด



5. ข้อใดคือปัญหาของสถานการณ์นี้
 1. มอเตอร์ของหุ่นยนต์ A ไม่ทำงาน
 2. **ตั้งค่าการกำหนดเวลาในโปรแกรมผิดพลาด**
 3. สายส่งสัญญาณหลุด
 4. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเสีย
6. อะไร คือสาเหตุสำคัญของปัญหานี้
 1. วัฏระยะทางยาวไป
 2. **โปรแกรมที่ตั้งไว้ไม่ทำงาน**
 3. การเชื่อมต่อสายสัญญาณต่างๆ ไม่ถูกต้อง
 4. พลังงานที่หุ่นยนต์ใช้ทำงานหมด
7. ท่านคิดว่าจะมีวิธีแก้ปัญหาก่เกิดจากสถานการณ์นี้อย่างไร
 1. การแข่งขันให้ระยะทางสั้นเข้า
 2. เปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่
 3. ตรวจสอบมอเตอร์ของหุ่นยนต์ให้อยู่ในสถานการณ์ที่สมบูรณ์
 4. **ตั้งโปรแกรมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใหม่**
8. เมื่อแก้ไขปัญหาได้แล้ว การแข่งขันจะเป็นอย่างไร
 1. **หุ่นยนต์วิ่งได้ตามปกติ**
 2. หุ่นยนต์ถึงที่หมายโดยปลอดภัย ได้ชัยชนะ
 3. ตรวจสอบการทำงานของหุ่นยนต์ก่อนการแข่งขัน
 4. ไม่มีการหยุดการทำงานระหว่างการแข่งขันอีก

สถานการณ์ที่ 3 หุ่นยนต์ขนส่ง นำเซนเซอร์สัมผัสมาติดหุ่นยนต์เพื่อป้องกันการชน แต่พบว่าหุ่นยนต์ยังคงเคลื่อนที่ต่อไปไม่หยุด

9. ข้อใดเป็นปัญหาของสถานการณ์นี้

1. หุ่นยนต์เคลื่อนที่ชนกำแพง
2. อุปกรณ์ประกอบหุ่นยนต์ชำรุดเสียหาย
3. เซนเซอร์สัมผัสที่ติดตั้งไว้ไม่ทำงาน
4. โปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ผิด

10. สาเหตุของสถานการณ์นี้คือข้อใด

1. เซนเซอร์สัมผัสเสีย
2. มีสิ่งกีดขวางขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่
3. การเขียนโปรแกรมเคลื่อนที่ให้ถูกต้อง
4. หุ่นยนต์เป็นหุ่นยนต์เก่า ใช้งานมานาน

11. ข้อใดเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์นี้

1. ตั้งโปรแกรมให้หุ่นยนต์ถอยและหมุนตัวกลับไปในด้านตรงข้ามกับที่ถูกชน
2. ซื้อเซนเซอร์ใหม่มาใช้
3. เขียนโปรแกรมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใหม่
4. ซ่อมหุ่นยนต์ที่ถูกชนให้ใช้งานได้

12. ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ไขสถานการณ์นี้ คืออะไร

1. หุ่นยนต์ไม่ชนหรือปะทะกำแพงอีกเลย
2. หุ่นยนต์ไม่ชำรุดเสียหายจากการชน
3. ไม่ต้องซื้อเซนเซอร์ใหม่มาเปลี่ยน
4. โปรแกรมที่เขียนไว้ป้องกันการชนใช้ได้ดี

สถานการณ์ที่ 4 นาย แดน ต้องการส่งข้อมูลจากแอสตัมบีบล็อกซ์ของหุ่นยนต์มายังคอมพิวเตอร์ นาย แดนด้วยการเชื่อมต่อในแบบอนุกรม ต้องทำอย่างไรจึงทำให้หุ่นยนต์และคอมพิวเตอร์จะติดต่อกันได้

13. ข้อใดเป็นปัญหาของสถานการณ์นี้

1. สื่อสารข้อมูลจากหุ่นยนต์ไปยังคอมพิวเตอร์ ไม่ได้
2. สื่อสารทุกครั้งต้องส่งผ่านตัวแปลงสัญญาณพอร์ต
3. ต้องใช้การกดสวิทช์ที่ต่อกับจุด P1 ของหุ่นยนต์เท่านั้น
4. ขาดการดาวน์โหลดโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อสื่อสาร

14. ข้อใดเป็นสาเหตุของสถานการณ์นี้

1. ไม่ได้เตรียมสายดาวนโหลด (CX-4) ไว้สำหรับการเชื่อมต่อ
2. คอมพิวเตอร์ไม่มีพอร์ตอนุกรม
3. การเขียนโปรแกรมที่จะสื่อสารถึงกันไม่ถูกต้อง
4. การสื่อสารทุกครั้งต้องเป็นแบบอนุกรมเท่านั้น

15. ข้อใดเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์นี้

1. ต่อสายดาวนโหลด (CX-4) ระหว่างหุ่นยนต์กับพอร์ตอนุกรม
2. เขียนโปรแกรมให้ถูกต้อง ชัดเจน
3. การสื่อสารข้อมูลต้องกระทำในแบบอนุกรมเท่านั้น
4. ให้ใช้ตัวแปลงสัญญาณพอร์ต USB เป็นพอร์ต RS-232 แทน

16. ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ไขสถานการณ์นี้ คือข้อใด

1. นายแดนส่งข้อมูลจากหุ่นยนต์ไปยังคอมพิวเตอร์ได้
2. มีการต่อสายดาวนโหลด (CX-4) ทุกครั้งที่ติดต่อดีสะดวก
3. ในการสื่อสารทุกครั้ง จะปรากฏข้อมูลมาแสดงที่หน้าต่าง Debug Terminal
4. สามารถสื่อสารสองทิศทางได้ โดยผ่านหน้าต่าง Debug Terminal

สถานการณ์ที่ 5 ในการตรวจจับแสงสะท้อนอินฟราเรดโดยการติดตั้งวงจรตรวจจับแสงสะท้อน นาย
 ดลพบว่า เมื่อติดตั้งเสร็จเรียบร้อย ไม่สามารถจะตรวจจับแสงสะท้อนได้ ทั้งๆที่เมื่อนายดลเปิดสวิตช์
 จ่ายไฟแล้วมีไฟแสดงสถานะ การทำงาน

17. ข้อใดคือปัญหาของสถานการณ์นี้
1. วงจรตรวจจับแสงสะท้อนอินฟราเรดไม่ทำงานเพราะห้องมืดเกินไป
 2. ไม่มีแสงอินฟราเรดเลยในบริเวณนั้น เพราะในห้องมีแสงสว่างเกินไป
 3. การต่อสายสัญญาณของแผงวงจรผิด
 4. ขาดไฟฟ้าไปเลี้ยงวงจร
18. ข้อใดคือ สาเหตุของสถานการณ์นี้
1. ไม่ได้ใช้ โฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับแสง
 2. ความเข้มของแสงที่เข้ามาน้อย
 3. ติดตั้งวงจรตรวจจับแสงสะท้อนไม่ถูกต้อง
 4. ระยะการสะท้อนไกลเกิน 1.5 เซนติเมตร
19. ข้อใดเป็นการแก้ไขปัญหาของสถานการณ์นี้
1. ใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ต่อเป็นวงจรรับแสง
 2. ติดตั้งวงจรตรวจจับแสงอินฟราเรดให้ถูกต้อง
 3. จ่ายไฟเลี้ยง +V ให้วงจรได้รับแรงดันตลอดเวลา
 4. ให้แรงดันส่งผ่านช่องอินพุต Analog เท่านั้น
20. ผลที่ได้จากการแก้ไขสถานการณ์นี้ คือข้อใด
1. สามารถตรวจจับแสงสะท้อนอินฟราเรดได้
 2. สามารถใช้วงจรตรวจจับแสงอินฟราเรดได้ทั้งการสะท้อนและไม่สะท้อนแสง
 3. ได้ค่าการสะท้อนแสงตามจังหวะการหมุนของล้อ
 4. ทำให้สามารถคำนวณค่าแสงสะท้อนของอินฟราเรดได้แม่นยำ

สถานการณ์ที่ 6 นายดอน ประกอบหุ่นยนต์ขึ้น 1 ตัว เพื่อเป็นของขวัญให้แก่บุตรชาย และทำสนามขนาด 60x100 เซนติเมตร ให้บุตรชายทดลองใช้กับหุ่นยนต์ โดยให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นสีดำที่ทำไว้ในสนาม โดยที่นายดอน ทดลองให้หุ่นยนต์เดินตามเส้นในสนามที่ทำไว้ก่อนที่จะให้บุตรชาย ทดลองทำด้วยตนเองปรากฏว่าหุ่นยนต์สามารถเดินได้ตามปกติ เมื่อบุตรชายทดลองให้หุ่นยนต์เดินตามเส้นด้วยตนเอง บุตรชายไม่สามารถทำได้

21. ข้อใดเป็นปัญหาของสถานการณ์นี้

1. หุ่นยนต์หยุดนิ่ง
2. ขนาดของสนามไม่เหมาะสมกับหุ่นยนต์
3. พลังงานที่ใช้ในหุ่นยนต์เหลือน้อย ไม่พอที่จะใช้ในการทำงาน
4. การประกอบหุ่นยนต์ไม่ถูกต้อง ตามขั้นตอน

22. ข้อใดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสถานการณ์นี้

1. มอเตอร์ของหุ่นยนต์เสื่อม
2. เส้นทางในสนามที่กำหนดให้หุ่นยนต์เดินนั้นกว้างสับสนมาก
3. ไม่ได้ติดเซนเซอร์ควบคุม
4. การเขียนโปรแกรมไม่ถูกต้อง

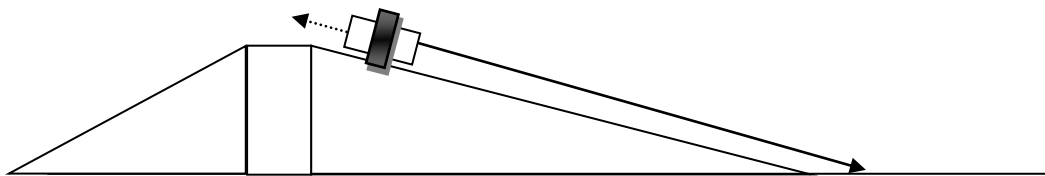
23. เมื่อเกิดสถานการณ์เช่นนี้ จะแก้ปัญหาอย่างไร

1. เปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่
2. ติดเซนเซอร์เพิ่ม
3. เขียนโปรแกรมการเคลื่อนที่ใหม่
4. ตรวจสอบวิธีการประกอบหุ่นยนต์ใหม่

24. เมื่อแก้ไขตามที่ระบุได้แล้ว ผลที่เกิดขึ้น คือข้อใด

1. หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ตามเส้นทางที่กำหนดไว้ในสนาม
2. ไม่ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่
3. บุตรชายของนายดอน มีของเล่นใหม่ที่พอใจ
4. มีทัศนคติที่ดีกับหุ่นยนต์และการเรียนวิทยาศาสตร์

สถานการณ์ที่ 7 ในการแข่งขันหุ่นยนต์ มีหุ่นยนต์เข้าแข่งขันหลายทีม ต่างผลัดกันแพ้ชนะ ในการแข่งขัน 6 รอบสนาม ในรอบที่ 4 ทีมที่หนึ่ง วิ่งขึ้นเนินสูงไปได้ครึ่งทางแล้ว หยุดวิ่ง



25. ปัญหาในสถานการณ์นี้ คือข้อใด

1. มอเตอร์ของหุ่นยนต์ของทีมที่หนึ่งทำงานเต็มที่จนไม่สามารถทำงานต่อได้
2. หุ่นยนต์ทีมที่หนึ่งพยายามวิ่งขึ้นไปแต่ไม่ถึงยอดเนิน
3. หุ่นยนต์ทีมที่หนึ่งไม่ได้ใช้การทดกำลังของเกียร์ช่วย
4. ความเร็วของหุ่นยนต์ทีมที่หนึ่งขณะขับเคลื่อนน้อยไป

26. ข้อใดเป็นสาเหตุของปัญหานี้

1. ระยะทางวิ่งของสนามวิบากมาก
2. แบตเตอรี่ในหุ่นยนต์มีไม่พอที่จะขับเคลื่อน
3. เนินมีความชันมาก
4. ข้อผิดพลาดขณะขับเคลื่อนหุ่นยนต์ขึ้นเนินสูงให้ชำนาญ

27. ถ้าท่านอยู่ในสถานการณ์นี้ท่านจะแก้ไขปัญหอย่างไร

1. หยุดการแข่งขันกลางคัน
2. ตรวจสอบสถานการณ์ทำงานของหุ่นยนต์ว่าอยู่ในสถานะที่ดี
3. เปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่
4. ให้แข่งขันระยะทางเรียบ

28. จากวิธีที่เสนอให้แก้ไขในคำตอบข้อที่ 27 ผลลัพธ์ที่ได้เป็นอย่างไร

1. หุ่นยนต์ทีมที่หนึ่งและทุกทีมสามารถวิ่งแข่งขันได้ครบ 6 รอบ
2. ยังคงใช้สนามนี้ในการแข่งขันหุ่นยนต์เป็นประจำ
3. หุ่นยนต์ก่อนเข้าแข่งขันได้รับการตรวจสอบสภาพเรียบร้อยทุกตัว
4. ไม่พบมอเตอร์ของหุ่นยนต์ขัดข้องอีกเลย

**แบบประเมินโครงการ
สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินโครงการ**

ผู้วิจัยทำวิจัยเรื่อง (ภาษาไทย) ผลของการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

(ภาษาอังกฤษ)

EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF TECHNOLOGY ENHANCED-SCAFFOLDING IN PROJECT-BASED LEARNING UPON ANALYTICAL THINKING AND PROBLEM SOLVING ABILITIES IN PROGRAMMING ROBOTS OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

โดย

นายสุปรีย์ บุรณะกนิษฐ

สาขาวิชา

เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

ภาควิชา

หลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราวีญา สุวรรณณัฐโชติ

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข

มีวัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ใช้การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน
2. เพื่อศึกษาผลของความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ใช้การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันด้วยการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาให้ข้อมูล และความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัย นายสุปรีย์ บุรณะกนิษฐ

สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำชี้แจง

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญชุดนี้เป็นแบบประเมินการทำโครงการ ในวิชาการโปรแกรม
หุ่นยนต์ โดยมีเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

5	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	เหมาะสมมาก
3	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

คำชี้แจง ขอให้ท่านพิจารณาตรวจสอบประเมินการทำโครงการ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตาม
ความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
1. การวิเคราะห์ กระบวนการทำงาน						
1.1 วางแผนงานเป็นระบบ						
1.2 แบ่งงานเป็นขั้นตอนย่อยๆ ให้งานเสร็จเร็วขึ้น						
1.3 ค้นหาข้อเท็จจริง / ข้อเสนอได้ถูกต้อง						
ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม						
รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
2. การนำความรู้ที่เรียนมาจากหน่วยต่างๆในบทเรียนมาประยุกต์ใช้ในโครงการ						
2.1 จากหน่วยที่ 2 การประกอบหุ่นยนต์						
2.2 จากหน่วยที่ 3 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์						
2.3 จากหน่วยที่ 4 การใช้เซนเซอร์สัมผัส						
2.4 จากหน่วยที่ 6 การหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยไม่สัมผัสด้วยแสงอินฟราเรด						
2.5 จากหน่วยที่ 7 หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินตามเส้น						
ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม						

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
3. การปฏิบัติงาน						
3.1 วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น						
3.2 ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือได้ถูกต้อง						
3.3 รับฟังความคิดเห็นจากเพื่อนร่วมงานและนำมาพิจารณา ร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น						
3.4 ร่วมแสดงความคิดเห็นในการอภิปรายโต้แย้ง						
3.5 สร้างสนามแข่งขันหุ่นยนต์ โดยใช้ความรู้ที่เรียนมา ประยุกต์ใช้ในการสร้างสนาม						
3.5.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์						
3.5.2 การใช้เซนเซอร์สัมผัส						
3.5.3 การใช้เซนเซอร์แสงหลบสิ่งกีดขวาง						
3.5.4 หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินตามเส้น						
3.6 ใช้กระบวนการกลุ่มในการทำโครงการ						
3.7 แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน						
3.8 บันทึกการทำงานอย่างเป็นระเบียบ						
3.9 มีการทดสอบสนามที่สร้างขึ้นเองโดยใช้หุ่นยนต์ เพื่อ ตรวจสอบสนามให้ใช้งานได้ นำจุดบกพร่องมาแก้ไข ปรับปรุง						
3.10 เขียนผังงาน (Flowchart) แสดงขั้นตอนการทำงาน และเขียนวิเคราะห์ในการแข่งขันต่อไปว่าจะปรับปรุงสิ่ง ใดบ้างให้สามารถแข่งขันได้สำเร็จ						
3.11 มีการสรุปเพื่อสะท้อนความคิดของตนเอง						
ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม						
รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
4. กระบวนการการทำงานของนักเรียนในการทำโครงการ						
4.1 นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดเกี่ยวกับแผนงานในการทำ โครงการ						
4.2 นักเรียนมีการดำเนินงานที่เป็นลำดับขั้นตอน						
4.3 นักเรียนสามารถลงความเห็นหรือสรุปด้วยตนเอง						
4.4 นักเรียนใช้กลยุทธ์ในการปฏิบัติงาน						
ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม						

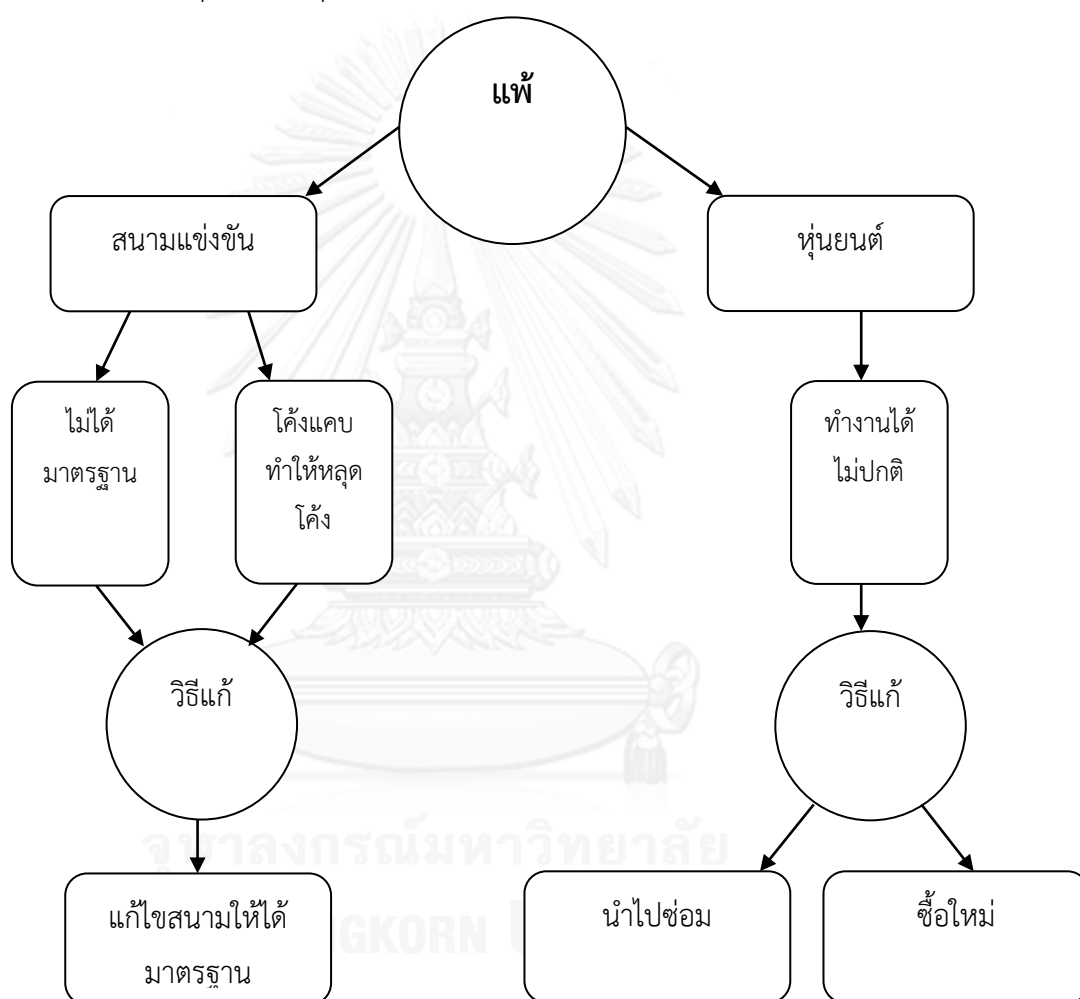
จากแบบประเมินการทำโครงงานดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปรายการการประเมินมุ่งสู่ทักษะที่ผู้วิจัยต้องการวัดได้ดังนี้

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ทักษะที่วัด
	5	4	3	2	1	
1.สามารถวางแผนงานอย่างเป็นระบบ						การคิดวิเคราะห์
2. สามารถแบ่งงานเป็นขั้นตอนย่อยๆ ให้งานเสร็จเร็วขึ้น						การคิดวิเคราะห์
3. สามารถค้นหาข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปได้ถูกต้อง						การแก้ปัญหา
4. สามารถนำความรู้จากหน่วยการประกอบหุ่นยนต์มาใช้ในโครงงาน						การแก้ปัญหา
5. สามารถนำความรู้จากหน่วยการเคลื่อนที่หุ่นยนต์มาใช้ในโครงงาน						การแก้ปัญหา
6. สามารถนำความรู้จากหน่วยการใช้เซนเซอร์สัมผัสมาใช้ในโครงงาน						การแก้ปัญหา
7. สามารถนำความรู้จากหน่วยการหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยไม่สัมผัสด้วยแสงอินฟราเรดมาใช้ในโครงงาน						การแก้ปัญหา
8. สามารถนำความรู้จากหน่วยหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นมาใช้ในโครงงาน						การแก้ปัญหา
9. สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น						การคิดวิเคราะห์
10. สามารถเลือกใช้อุปกรณ์เครื่องมือได้ถูกต้อง						การคิดวิเคราะห์
11. รับฟังความคิดเห็นของเพื่อนร่วมงานและนำมาพิจารณาร่วมมือกันในการแก้ปัญหา						ไม่ใช่ทักษะที่ต้องการวัด
12. แสดงความคิดเห็นในการอภิปรายโต้แย้งกับเพื่อนในกลุ่ม						การคิดวิเคราะห์
13. สามารถสร้างสนามแข่งขันหุ่นยนต์						ไม่ใช่ทักษะที่ต้องการวัด
14. สามารถนำความรู้เรื่องการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มาใช้ในการสร้างสนามแข่งขัน						การแก้ปัญหา
15. สามารถนำความรู้เรื่องการใช้เซนเซอร์สัมผัสมาใช้ในการสร้างสนามแข่งขัน						การแก้ปัญหา
16. สามารถนำความรู้เรื่องการใช้เซนเซอร์แสงหลบหลีกสิ่งกีดขวางมาใช้ในการสร้างสนามแข่งขัน						การแก้ปัญหา
17. สามารถนำความรู้เรื่องการเคลื่อนที่ตามเส้นของหุ่นยนต์มาใช้ในการสร้างสนามแข่งขัน						การแก้ปัญหา
18. สามารถใช้กระบวนการกลุ่มในการทำโครงงาน						ไม่ใช่ทักษะที่ต้องการวัด
19. สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน						การแก้ปัญหา
20. สามารถบันทึกการทำงานอย่างเป็นระเบียบ						ไม่ใช่ทักษะที่ต้องการวัด
21. สามารถเขียนผังงาน (Flow chart) แสดงขั้นตอนการทำงาน						การคิดวิเคราะห์
22. สามารถสรุปเพื่อสะท้อนความคิดของตนเอง						การคิดวิเคราะห์
23. สามารถใช้กระบวนการคิดเกี่ยวกับแผนงานในการทำโครงงาน						การคิดวิเคราะห์
24. สามารถดำเนินงานที่เป็นลำดับขั้นตอน						การคิดวิเคราะห์
25. สามารถลงความเห็นหรือสรุปด้วยตนเอง						การคิดวิเคราะห์
26. สามารถใช้กลยุทธ์ในการปฏิบัติงาน						การแก้ปัญหา
27. สามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบสนามแข่งขัน						การแก้ปัญหา
28. สามารถสร้างสนามแข่งขันถูกต้องตามแผนที่กำหนดไว้						การแก้ปัญหา
29. สามารถแก้ไขปรับปรุงจุดบกพร่องของสนามที่สร้างขึ้นให้ใช้งานได้						การแก้ปัญหา

ตัวอย่างผลงานการสะท้อนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้การเสริมศักยภาพทั้งสองแบบ

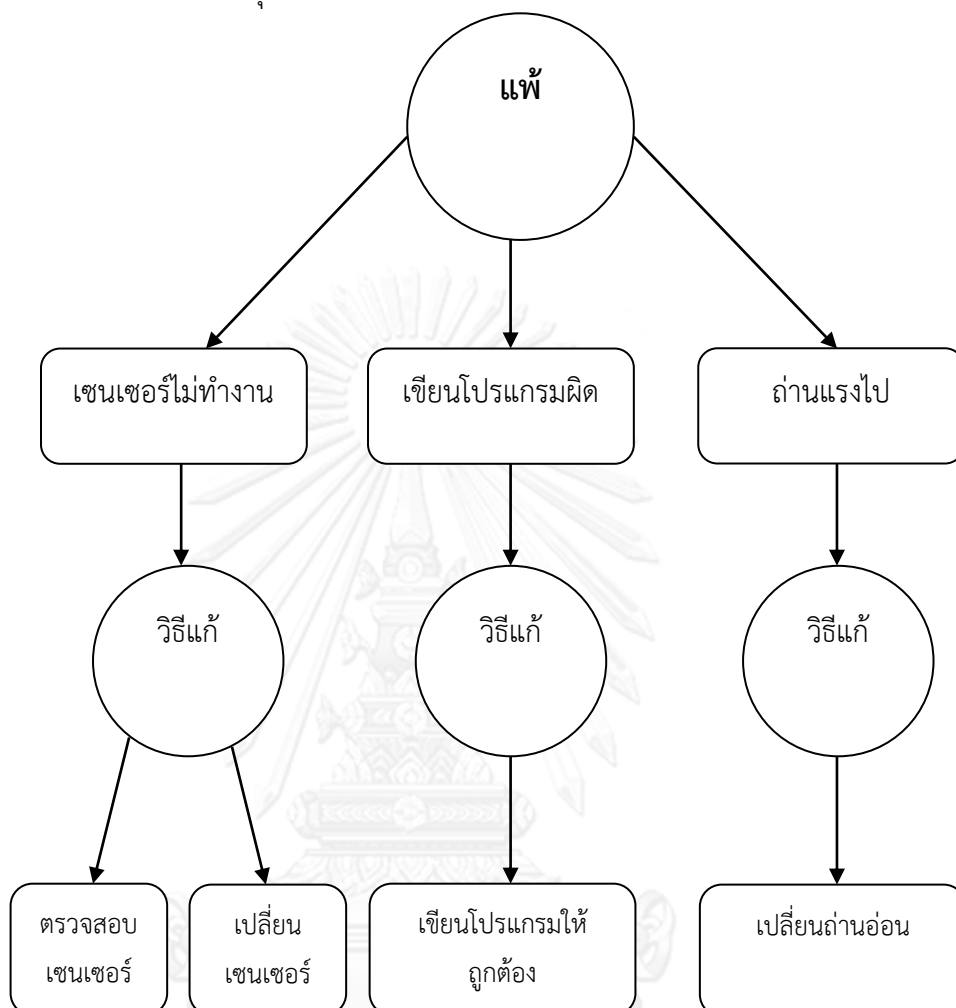
1. ตัวอย่างผลงานการสะท้อนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้การเสริมศักยภาพทั้งสองกลุ่ม

1.1 ตัวอย่างผลงานการสะท้อนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นถึงสาเหตุที่ทำให้แข่งขันแพ้



จากภาพในข้อ 1.1 แสดงให้เห็นว่านักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นได้วิเคราะห์สาเหตุแห่งการแพ้ไว้ 2 ประการ คือ (1) ตัวหุ่นยนต์ (2) สนามแข่งขัน การที่นักเรียนแยกองค์ประกอบแต่ละส่วนให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด มิได้เน้นที่จุดใดจุดหนึ่งเท่านั้นแต่มองไปถึงสิ่งแวดล้อมด้วย จึงทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น ในส่วนของหุ่นยนต์ นักเรียนได้วิเคราะห์หาวิธีการแก้ไขให้ใช้การซ่อมหรือซื้อใหม่ สำหรับการแก้ไขสนามนั้นทำได้ยากหากทำได้จะดี

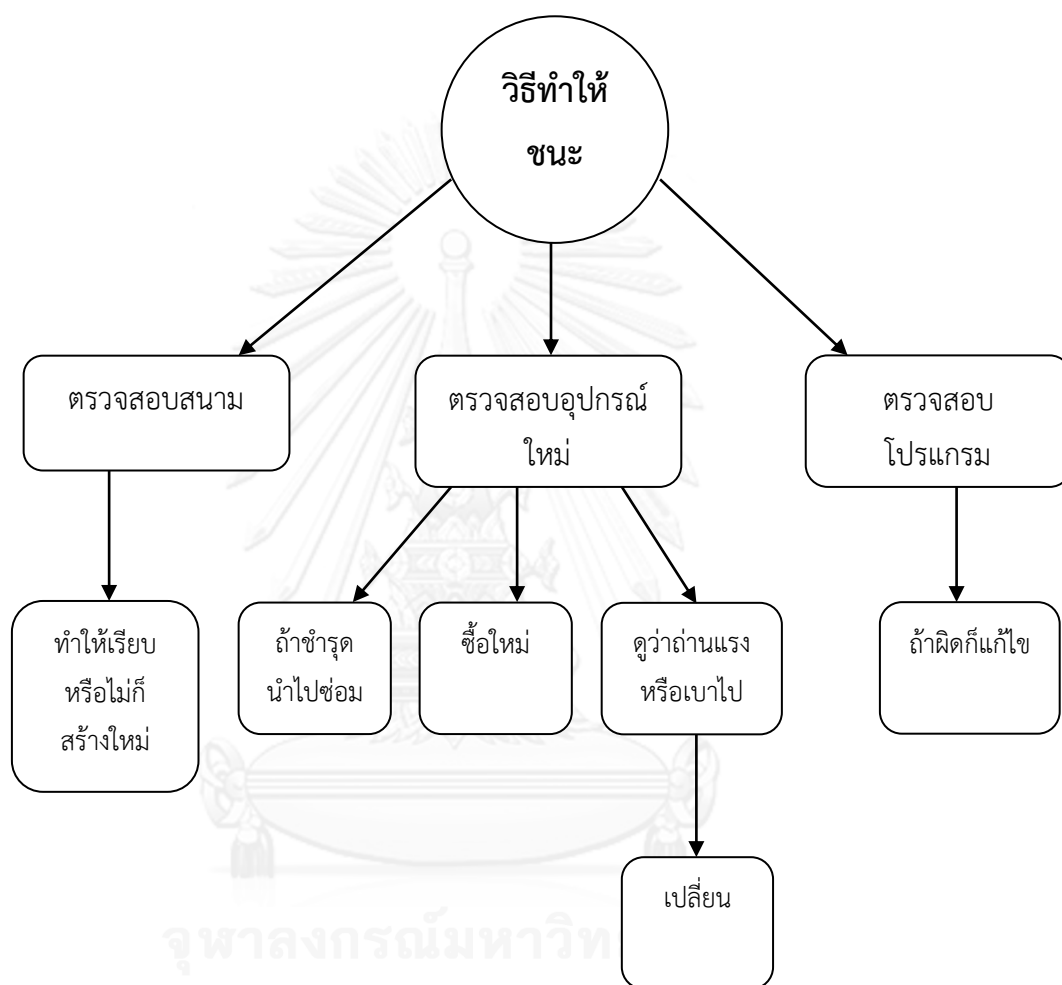
1.2 ตัวอย่างผลงานการสะท้อนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้การเสริมศักยภาพแบบคงที่ถึงสาเหตุที่ทำให้แข่งขันแพ้



จากภาพในข้อ 1.2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ สามารถแยกแยะเรื่องราวออกเป็นส่วนย่อยๆ ในด้านองค์ประกอบ ความสำคัญและความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนของข้อมูล ถึงสาเหตุของการแพ้ว่ามาจากสาเหตุใด เช่น เซนเซอร์ไม่ทำงานหรือถ่านแรงเกินไป เป็นการสะท้อนถึงการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการแข่งขัน และหากต้องการให้แข่งขันชนะจะต้องดำเนินการแก้ไขดังนี้คือ ตรวจสอบเซนเซอร์หากเสียให้เปลี่ยน เปลี่ยนถ่านให้อ่อนลง หุ่นยนต์วิ่งไปตามทาง และเขียนโปรแกรมคำสั่งให้ถูกต้อง

2. ตัวอย่างผลงานการสะท้อนการแก้ปัญหาของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้การเสริมศักยภาพทั้งสองกลุ่ม

2.1 ตัวอย่างผลงานการสะท้อนการแก้ปัญหาของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นถึงวิธีที่ทำให้แข่งขันชนะ



จากภาพในข้อที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า การสะท้อนการแก้ปัญหาของนักเรียนในกลุ่มนี้ เป็นความคิดที่มีอยู่ภายในตนเองที่เป็นลักษณะของนักเรียนกลุ่มที่เรียนการใช้การเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นที่ต้องนำไปปรึกษาผู้สอนก่อนเพื่อความมั่นใจจากการที่เคยแพ้ทำให้มองเห็นปัญหาอย่างเข้าใจ จึงเสนอวิธีทำให้การแข่งขันชนะ โดยขั้นแรกตรวจสอบสนามก่อนอื่นเพื่อหาทางแก้ไข ตรวจสอบหุ่นยนต์ว่าจะมีอุปกรณ์ใดชำรุดหรือต้องซ่อม และถ่านที่ใช้แรงหรืออ่อน รวมทั้งตรวจสอบโปรแกรมว่าเขียนถูกต้องหรือไม่ จึงแก้ไขสิ่งที่พบทีละขั้นตอน ก็จะทำให้การแข่งขันครั้งหน้าชนะได้แน่นอน

2.2 ตัวอย่างผลงานการสะท้อนของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้การเสริมศักยภาพแบบ
คงที่ถึงวิธีที่ทำให้แข่งขันชนะ



จากภาพในข้อที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบคงที่ได้
เสนอวิธีที่ทำให้การแข่งขันชนะ โดยศึกษาจากประสบการณ์ที่ทำให้พ่ายแพ้มาแล้วว่ามีอะไรบ้าง เช่น
สนามไม่ได้มาตรฐาน รายละเอียดของสนาม อาทิ มีมุมเลี้ยว มุมตรง คดเคี้ยวหรือไม่ รวมถึงตรวจสอบ
ตัวหุ่นยนต์และอุปกรณ์ว่าถูกต้องตรงกับความต้องการหรือไม่ เช่น การตรวจสอบหุ่นยนต์ทุกครั้งที่ก่อน
การแข่งขัน ซึ่งทางกลุ่มคิดว่า เป็นหนทางที่จะทำให้ชนะได้จึงถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นการ
สะท้อนการแก้ปัญหาของกลุ่ม

การประเมินโครงการด้วยเกณฑ์รูบริกส์

1. สามารถวางแผนงานอย่างเป็นระบบ

5	4	3	2	1
-สามารถวางแผนงานอย่างสมบูรณ์ด้วยตนเอง	-สามารถวางแผนงานได้ โดยอาจารย์ให้คำแนะนำเมื่อต้องการ	-สามารถวางแผนงานได้ โดยขอคำปรึกษาจากอาจารย์เล็กน้อย	-สามารถวางแผนงานได้ โดยขอคำปรึกษาจากอาจารย์เป็นระยะ	-อาจารย์ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างมากในการวางแผนงาน

2. สามารถแบ่งงานเป็นขั้นตอนย่อยๆ ให้งานเสร็จเร็วขึ้น

5	4	3	2	1
-สามารถแบ่งงานเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ด้วยตนเอง	-สามารถแบ่งงานเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ โดยอาจารย์ให้คำแนะนำเพียงเล็กน้อย	-สามารถแบ่งงานเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ โดยอาจารย์คอยให้คำแนะนำเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหา	-อาจารย์กำกับดูแลการแบ่งงานเป็นขั้นตอนย่อยๆ แบบต่างๆ	-อาจารย์กำกับดูแลอย่างใกล้ชิดในการแบ่งงานเป็นขั้นตอนย่อยๆ

3. สามารถค้นหาข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปได้ถูกต้อง

5	4	3	2	1
-สามารถค้นหาข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปได้ด้วยตนเอง	-สามารถค้นหาข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปได้ อาจารย์ให้คำแนะนำเพียงเล็กน้อย	-สามารถค้นหาข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปได้ โดยอาจารย์ให้คำปรึกษาเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาหรือต้องการความช่วยเหลือ	-สามารถค้นหาข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปได้ โดยอาจารย์ต้องแนะนำให้คำปรึกษาจนทำงานสำเร็จ	- อาจารย์ต้องชี้แนะแนวทางในการค้นหาคำตอบให้ผู้เรียนช่วยเหลือให้ผู้เรียนสามารถสรุปผลได้

4. สามารถนำความรู้จากหน่วยการประกอบหุ้ยนตมาใช้ในโครงการ

5	4	3	2	1
-สามารถนำความรู้จากหน่วยการประกอบหุ้ยนตมาใช้ในโครงการได้ด้วยตนเอง	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการประกอบหุ้ยนตมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ให้คำแนะนำเพียงเล็กน้อย	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการประกอบหุ้ยนตมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ให้คำปรึกษาเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาหรือต้องการความช่วยเหลือ	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการประกอบหุ้ยนตมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ต้องแนะนำให้คำปรึกษาจนทำงานสำเร็จ	-อาจารย์ต้องชี้แนะในการนำความรู้จากหน่วยการประกอบหุ้ยนตมาใช้ในโครงการ

5. สามารถนำความรู้จากหน่วยการเคลื่อนที่หุ้ยนตมาใช้ในโครงการ

5	4	3	2	1
-สามารถนำความรู้จากหน่วยการเคลื่อนที่หุ้ยนตมาใช้ในโครงการได้ด้วยตนเอง	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการเคลื่อนที่หุ้ยนตมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ให้คำแนะนำเพียงเล็กน้อย	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการเคลื่อนที่หุ้ยนตมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ให้คำปรึกษาเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาหรือต้องการความช่วยเหลือ	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการเคลื่อนที่หุ้ยนตมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ต้องแนะนำให้คำปรึกษาจนทำงานสำเร็จ	-อาจารย์ต้องชี้แนะในการนำความรู้จากหน่วยการเคลื่อนที่หุ้ยนตมาใช้ในโครงการ

6. สามารถนำความรู้จากหน่วยการใช้เซนเซอร์สัมผัสมาใช้ในโครงการ

5	4	3	2	1
-สามารถนำความรู้จากหน่วยการใช้เซนเซอร์สัมผัสมาใช้ในโครงการได้ด้วยตนเอง	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการใช้เซนเซอร์สัมผัสมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ให้คำแนะนำเพียงเล็กน้อย	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการใช้เซนเซอร์สัมผัสมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ให้คำปรึกษาเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาหรือต้องการความช่วยเหลือ	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการใช้เซนเซอร์สัมผัสมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ต้องแนะนำให้คำปรึกษาจนทำงานสำเร็จ	-อาจารย์ต้องชี้แนะในการนำความรู้จากหน่วยการใช้เซนเซอร์สัมผัสมาใช้ในโครงการ

7. สามารถนำความรู้จากหน่วยการหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยไม่สัมผัสด้วยแสงอินฟราเรดมาใช้ในโครงการ

5	4	3	2	1
-สามารถนำความรู้จากหน่วยการหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยไม่สัมผัสด้วยแสงอินฟราเรดมาใช้ในโครงการได้ด้วยตนเอง	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยไม่สัมผัสด้วยแสงอินฟราเรดมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ให้คำแนะนำเพียงเล็กน้อย	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยไม่สัมผัสด้วยแสงอินฟราเรดมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ให้คำปรึกษาเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาหรือต้องการความช่วยเหลือ	-สามารถนำความรู้จากหน่วยการหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยไม่สัมผัสด้วยแสงอินฟราเรดมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ต้องแนะนำให้คำปรึกษาจนทำงานสำเร็จ	-อาจารย์ต้องชี้แนะในการนำความรู้จากหน่วยการหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยไม่สัมผัสด้วยแสงอินฟราเรดมาใช้ในโครงการ

8. สามารถนำความรู้จากหน่วยหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นมาใช้ในโครงการ

5	4	3	2	1
-สามารถนำความรู้จากหน่วยหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นมาใช้ในโครงการได้ด้วยตนเอง	-สามารถนำความรู้จากหน่วยหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ให้คำแนะนำเพียงเล็กน้อย	-สามารถนำความรู้จากหน่วยหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ให้คำปรึกษาเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาหรือต้องการความช่วยเหลือ	-สามารถนำความรู้จากหน่วยหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นมาใช้ในโครงการได้โดยอาจารย์ต้องแนะนำให้คำปรึกษาจนทำงานสำเร็จ	-อาจารย์ต้องชี้แนะในการนำความรู้จากหน่วยหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นมาใช้ในโครงการ

9. สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

5	4	3	2	1
-สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง	-สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเองแต่ยังต้องการกำลังใจจากอาจารย์	-สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้โดยต้องซักถามข้อสงสัยจากอาจารย์แล้วผู้เรียนวิเคราะห์ต่อได้เอง	-สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้โดยต้องซักถามข้อสงสัยและรับฟังคำแนะนำจากอาจารย์จึงจะสามารถทำได้	-อาจารย์ต้องชี้แนะอธิบาย ยกตัวอย่างให้แก่ผู้เรียนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

10. สามารถเลือกใช้อุปกรณ์เครื่องมือได้ถูกต้อง

5	4	3	2	1
-ผู้เรียนสามารถเลือกใช้ อุปกรณ์เครื่องมือได้ ถูกต้องด้วยตนเอง	-ผู้เรียนต้องใช้เวลาใน การเลือกใช้ อุปกรณ์ เครื่องมือ ผู้สอนต้องให้ กำลังใจ	-ผู้เรียนสามารถเลือกใช้ อุปกรณ์เครื่องมือได้ ถูกต้องแต่ไม่ครบทุกชั้น อาจารย์ต้องให้ คำแนะนำ	-ผู้เรียนสามารถเลือกใช้ อุปกรณ์และเครื่องมือได้ เองและเมื่อเกิดความ ลังเลไม่แน่ใจผู้เรียนจะ ขอคำแนะนำจาก อาจารย์เสมอ	-อาจารย์ต้องแนะนำ วิธีการเลือกใช้ อุปกรณ์ และเครื่องมือผู้เรียนจึง เลือกได้ถูกต้อง

12. แสดงความคิดเห็นในการอภิปราย ได้แย้งกับเพื่อนในกลุ่ม

5	4	3	2	1
-ผู้เรียนแสดงความ คิดเห็นในการอภิปราย ได้แย้งกับเพื่อนในกลุ่ม ได้ด้วยตนเอง	-ผู้เรียนแสดงความ คิดเห็นในการอภิปราย ได้แย้งกับเพื่อนในกลุ่ม โดยผู้สอนต้องให้ กำลังใจ	-ผู้เรียนแสดงความ คิดเห็นในการอภิปราย ได้แย้งกับเพื่อนในกลุ่ม อาจารย์ให้คำแนะนำ บ้างเล็กน้อย	-ผู้เรียนแสดงความ คิดเห็นในการอภิปราย ได้แย้งกับเพื่อนในกลุ่ม แต่ไม่กว้างขวาง อาจารย์ให้ข้อเสนอแนะ ในการอภิปรายให้ครบ ทุกคนทุกประเด็น	-อาจารย์ต้องให้กำลังใจ สนับสนุนให้ผู้เรียน ร่วมกันอภิปราย ได้แย้ง กับเพื่อนในกลุ่ม

14. สามารถนำความรู้เรื่องการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มาใช้ในการสร้างสนามแข่งขัน

5	4	3	2	1
-สามารถนำความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่ของ หุ่นยนต์มาใช้ในการ สร้างสนามแข่งขันได้ ด้วยตนเอง	-สามารถนำความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่ของ หุ่นยนต์มาใช้ในการ สร้างสนามแข่งขันได้ โดยอาจารย์ให้ คำแนะนำเพียงเล็กน้อย	-สามารถนำความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ มาใช้ในการสร้าง สนามแข่งขันได้โดย อาจารย์ให้คำปรึกษา เมื่อผู้เรียนเกิดปัญหา หรือต้องการความ ช่วยเหลือ	-สามารถนำความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่ของ หุ่นยนต์มาใช้ในการ สร้างสนามแข่งขันได้ โดยอาจารย์ต้องแนะนำ ให้คำปรึกษาจนทำงาน สำเร็จ	-อาจารย์ต้องชี้แนะใน การนำความรู้เรื่องการ เคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มา ใช้ในการสร้าง สนามแข่งขัน

15. สามารถนำความรู้เรื่องการใช้เซนเซอร์สัมผัสมาใช้ในการสร้างสนามแข่งขัน

5	4	3	2	1
-สามารถนำความรู้เรื่อง การใช้เซนเซอร์สัมผัส มาใช้ในการสร้าง สนามแข่งขันมาใช้ในการ สร้างสนามแข่งขัน ได้ด้วยตนเอง	-สามารถนำความรู้เรื่อง การใช้เซนเซอร์สัมผัส มาใช้ในการสร้าง สนามแข่งขันได้โดย อาจารย์ให้คำแนะนำ เพียงเล็กน้อย	-สามารถนำความรู้เรื่อง การใช้เซนเซอร์สัมผัส มาใช้ในการสร้าง สนามแข่งขันได้โดย อาจารย์ให้คำปรึกษา เมื่อผู้เรียนเกิดปัญหา หรือต้องการความ ช่วยเหลือ	-สามารถนำความรู้เรื่อง การใช้เซนเซอร์สัมผัส มาใช้ในการสร้าง สนามแข่งขันได้โดย อาจารย์ต้องแนะนำให้ คำปรึกษาจนทำงาน สำเร็จ	-อาจารย์ต้องชี้แนะใน การนำความรู้เรื่องการ ใช้เซนเซอร์สัมผัสมาใช้ ในการสร้างสนามแข่ง ขัน

27. สามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบสนามแข่งขัน

5	4	3	2	1
-สามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบสนามแข่งขันได้ด้วยตนเอง	-สามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบสนามแข่งขันได้ โดยมีอาจารย์เป็นที่ปรึกษาคอยให้ความช่วยเหลือบ้าง	-สามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบสนามแข่งขันได้ โดยมีคัมภีร์คำถามหรือข้อสงสัยมาให้อาจารย์คอยช่วยเหลือแนะนำเสมอ	-สามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบสนามแข่งขันได้ โดยอาจารย์ต้องดูแลการทำงานอย่างใกล้ชิด	-สามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบสนามแข่งขันได้ โดยอาจารย์ต้องคอยให้กำลังใจในการฝึกฝายุบสตรค แนะนำแนวทางในการใช้ออกแบบสนามให้

28. สามารถสร้างสนามแข่งขันถูกต้องตามแผนที่กำหนดไว้

5	4	3	2	1
-สามารถสร้างสนามแข่งขันถูกต้องตามแผนที่กำหนดไว้ได้ด้วยตนเอง	-สามารถสร้างสนามแข่งขันถูกต้องตามแผนที่กำหนดไว้ได้โดยมีอาจารย์เป็นที่ปรึกษาคอยให้ความช่วยเหลือบ้าง	-สามารถสร้างสนามแข่งขันถูกต้องตามแผนที่กำหนดไว้ได้โดยมีคัมภีร์คำถามหรือข้อสงสัยมาให้อาจารย์คอยช่วยเหลือแนะนำเสมอ	-สามารถสร้างสนามแข่งขันถูกต้องตามแผนที่กำหนดไว้ได้โดยอาจารย์ต้องดูแลการทำงานอย่างใกล้ชิด	-สามารถสร้างสนามแข่งขันถูกต้องตามแผนที่กำหนดไว้ได้โดยอาจารย์ต้องคอยให้กำลังใจในการฝึกฝายุบสตรค แนะนำแนวทางในการสร้างสนามให้

29. สามารถแก้ไขปรับปรุงจุดบกพร่องของสนามที่สร้างขึ้นให้ใช้งานได้

5	4	3	2	1
-สามารถแก้ไขปรับปรุงจุดบกพร่องของสนามที่สร้างขึ้นให้ใช้งานได้ด้วยตนเอง	-สามารถแก้ไขปรับปรุงจุดบกพร่องของสนามที่สร้างขึ้นให้ใช้งานได้โดยมีอาจารย์เป็นที่ปรึกษาคอยให้ความช่วยเหลือบ้าง	-สามารถแก้ไขปรับปรุงจุดบกพร่องของสนามที่สร้างขึ้นให้ใช้งานได้โดยมีคัมภีร์คำถามหรือข้อสงสัยมาให้อาจารย์คอยช่วยเหลือแนะนำเสมอ	-สามารถแก้ไขปรับปรุงจุดบกพร่องของสนามที่สร้างขึ้นให้ใช้งานได้โดยอาจารย์ต้องดูแลการทำงานอย่างใกล้ชิด	-สามารถแก้ไขปรับปรุงจุดบกพร่องของสนามที่สร้างขึ้นให้ใช้งานได้โดยอาจารย์ต้องคอยให้กำลังใจในการฝึกฝายุบสตรค แนะนำแนวทางในการแก้ไขให้

ตัวอย่าง เว็บและวีดิทัศน์เสริมความรู้ที่ใช้ในการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

The screenshot shows the CUD E-Learning website interface. The header includes the school name "Chulalongkorn University Domus Obsequii Secondary School" and the date "Friday 21 March 2014". The main content area features a section titled "วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์" (Robotics Program) with a video player and a search engine. The video player shows a robot on a track, and the text below it reads: "วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการ ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดเอง สร้างเอง เพื่อเป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ ทักษะการเรียนรู้ กระบวนการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์".

The screenshot shows the SATIT CHULA E-learning website interface. The header includes the school name "SATIT CHULA E-learning" and the course ID "MD005". The main content area features a section titled "โครงการสร้างงานศิลปะ" (Art Project) with a video player and a search engine. The video player shows a robot on a track, and the text below it reads: "โครงการสร้างงานศิลปะ" and "วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์". The video player shows a robot on a track, and the text below it reads: "วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบบบูรณาการ ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดเอง สร้างเอง เพื่อเป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ ทักษะการเรียนรู้ กระบวนการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์".

หน้าจอบริการ: การโปรแกรมหุ่นยนต์

29May - 4June

การโปรแกรมหุ่นยนต์ ครั้งที่ 1

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนสามารถ...

1. บอกความหมายและอธิบายขั้นตอนการเขียนโปรแกรมได้ถูกต้อง
2. แสดงแนวความคิด โครงสร้างโปรแกรมด้วยจินตนาการ
3. แสดงทราจควบคุมและแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานของหุ่นยนต์ต่าง ๆ ให้เห็นเป็นรูป
4. ออกแบบในการสร้างหุ่นยนต์เป็นภาพร่าง เพื่อเป็นต้นแบบในการสร้างหุ่นยนต์ลงคอมพิวเตอร์
5. รู้จักอุปกรณ์และ เขียนโปรแกรมใช้งานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

แบบฝึกหัด หุ่นเรียนเขียน

1. แบบทดสอบก่อนเรียนเขียน
2. ฝึกใช้หุ่นเรียนเขียน
3. ใบงานที่ 1 (Hard Skill/Soft Skill)
4. เขียนโปรแกรม หุ่นเรียนเขียน 1, 2 / 3 / 4
5. ใบงานที่ 2 (Hard Skill/Soft Skill)
6. ออกแบบหุ่นยนต์
7. ฝึกเขียนโปรแกรม

หน้าจอบริการ: การโปรแกรมหุ่นยนต์

161.200.155.9/moodle/moodle/course/view.php?id=15

การโปรแกรมหุ่นยนต์ ครั้งที่ 2

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนสามารถ...

1. ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือพื้นฐานในการประกอบหุ่นยนต์ได้
2. สร้างหุ่นยนต์ตามแบบในชุดการสร้างหุ่นยนต์ไอซีบอท ตามที่ครูแสดงให้ดูเป็นตัวอย่าง
3. เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้
4. วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานและค้นหาวิธีแก้ไขได้
5. ร่วมมือทำงานในกลุ่มได้ดี


จุดประสงค์การเรียนรู้

(1) ส่วนประกอบต่างๆ ของ Stamp Box และการติดตั้งสายกับคอมพิวเตอร์

- การทดสอบ Stamp Box
- การสาธิตการทดสอบ Stamp Box

คลิปวิดีโอเสริมความรู้ หน่วยที่ 2 ตอนที่ 1

CEBOT 1 ชุด Stamp Box



หรือ กด เช็กลิงก์ ไปดูอีกทีจ้า

161.200.155.9/moodle/moodle/course/view.php?id=15

(2) สรุปการทำงาน ด้วย Flowchart หรือ Mindmap

- สำหรับ mind map
- นำเสนอ mind map ของกลุ่ม


(3) ส่วนประกอบหุ่นยนต์

- ส่วนประกอบของหุ่นยนต์
- ส่วนที่ 1 : ส่วนควบคุม หุ่นยนต์ของหุ่นยนต์ และสายอนุภาคสำหรับใช้วิ่ง
- ส่วนที่ 2 : ส่วนขับเคลื่อนของหุ่นยนต์
- ส่วนที่ 3 : เซนเซอร์สำหรับตรวจจับ
- ส่วนที่ 4 : ส่วนกำเนิดพลังงาน
- ส่วนที่ 5 : โครงสร้างหุ่นยนต์
- ส่วนที่ 6 : โปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ เบสซิง 2.0

(4) การประกอบหุ่นยนต์

- การประกอบหุ่นยนต์
- ตรวจสอบสาย การประกอบหุ่นยนต์

คลิปวิดีโอเสริมความรู้ หน่วยที่ 2 ตอนที่ 2



หรือ [กดที่นี่ link ไปดูอีกทีจ้า](#)

(5) การเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อตรวจสอบการต่อฮาร์ดแวร์

- การเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อตรวจสอบการต่อฮาร์ดแวร์
- ตรวจสอบสาย การต่อสาย Stamp Box

(6) สรุปการทำงาน ด้วย Flowchart หรือ Mindmap

- สำหรับ mind map
- นำเสนอ mind map ของกลุ่ม

EN 16:44 21/3/2557

161.200.155.9/moodle/moodle/course/view.php?id=15

24 July - 30 July

การเรียนรู้ด้วยโครงงานในการโปรแกรมหุ่นยนต์ 1 ครั้งที่ 1

- สายใยปัญญาประดิษฐ์จากปัญญาประดิษฐ์
- สถาบันสาขา สายใยปัญญาประดิษฐ์จากปัญญาประดิษฐ์

31 July - 6 August

การเรียนรู้ด้วยโครงงานในการโปรแกรมหุ่นยนต์ 2 ครั้งที่ 2

- สายใยปัญญาประดิษฐ์จากปัญญาประดิษฐ์
- สถาบันสาขา สายใยปัญญาประดิษฐ์จากปัญญาประดิษฐ์

7 August - 13 August

การเรียนรู้ด้วยโครงงานในการโปรแกรมหุ่นยนต์ 3 ครั้งที่ 3

- สายใยปัญญาประดิษฐ์จากปัญญาประดิษฐ์
- สถาบันสาขา สายใยปัญญาประดิษฐ์จากปัญญาประดิษฐ์

14 August - 20 August

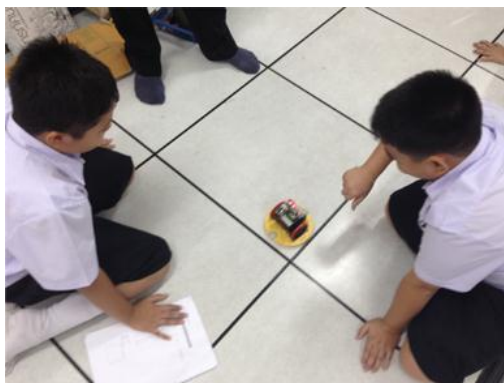
การเรียนรู้ด้วยโครงงานในการโปรแกรมหุ่นยนต์ 4 ครั้งที่ 4

- สายใยปัญญาประดิษฐ์จากปัญญาประดิษฐ์
- สถาบันสาขา สายใยปัญญาประดิษฐ์จากปัญญาประดิษฐ์

21 August - 27 August

EN 17:02 21/3/2557

ตัวอย่าง ภาพบรรยากาศในการเก็บข้อมูลในการเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์



ภาคผนวก ง
แบบประเมินที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

- แบบประเมินความเหมาะสมไว้บการเรียนการสอนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
- แบบประเมินความเหมาะสมวิธีทัศน์เสริมความรู้วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
- แบบประเมินแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานก่อนเรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
- แบบประเมินแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์
- แบบประเมินแบบทดสอบการแก้ปัญหาวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

แบบประเมินความเหมาะสมเว็บการเรียนการสอนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

ตารางค่าคะแนนความสอดคล้องของแบบประเมินความเหมาะสมเว็บการเรียนการสอนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	ความคิดเห็น	ความหมาย
	1	2	3				
1. ด้านวัตถุประสงค์							
1.1 มีการแจ้งสาระสำคัญ	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
1.2 มีการแจ้งวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
1.3 มีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับรายวิชา	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
2. ด้านเนื้อหา							
2.1 เนื้อหาที่นำเสนอตรงตามวัตถุประสงค์	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
2.2 เนื้อหาที่นำเสนอครอบคลุมวัตถุประสงค์	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
2.3 เนื้อหามีความถูกต้อง	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
2.4 ปริมาณเนื้อหาในแต่ละบทเรียนมีความเหมาะสม	1	0	1	2	0.66	แก้ไขเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลา	สอดคล้อง
2.5 การใช้ภาษา การนำเสนอ ศึกษาแล้วเข้าใจง่าย สื่อความหมาย	0	1	1	2	0.66	ใช้ภาษาให้เหมาะกับวัยของนักเรียน	สอดคล้อง
2.6 เรียงลำดับจากเนื้อหาที่ง่ายไปยาก	1	1	0	2	0.66	ลำดับเนื้อหาใหม่ให้เหมาะสม	สอดคล้อง
2.7 อธิบายเนื้อหาของบทเรียนได้ชัดเจน	1	0	1	2	0.66	การมีภาพประกอบจะทำให้ให้นักเรียนเข้าใจดีขึ้น	สอดคล้อง
3. ด้าน การโต้ตอบของบทเรียน							
3.1 มีการใช้ทรัพยากรบนเว็บอย่างเหมาะสมกับรูปแบบ การเรียนรู้	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
3.2 ผู้เรียนมีอิสระที่จะเชื่อมโยงไปยังเว็บลิงค์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
3.3 การเชื่อมโยงมีความถูกต้อง	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
3.4 มีการแสดงผลที่รวดเร็ว เหมาะสม	0	1	1	2	0.66	การแสดงผลบางครั้งช้า ไม่สม่ำเสมอ อยู่ที่ระบบกลาง	สอดคล้อง
3.5 การเข้าถึงเครื่องมือเป็นไปได้ง่าย รวดเร็ว	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
4. ด้านการออกแบบหน้าจอ							
4.1 การจัดวางองค์ประกอบได้สัดส่วน ง่ายต่อการใช้งาน	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
4.2 ตัวอักษรมีขนาด รูปแบบ สี การเน้นข้อความมีความเหมาะสม	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
4.3 ปุ่มสัญลักษณ์ ข้อความ รูปภาพเห็นได้ชัดเจน และสื่อสารกับผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
4.4 การเลือกใช้สีมีความเหมาะสมและกลมกลืน	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
4.5 มีการวางรูปแบบแต่ละบทเรียนเป็นแนวทางเดียวกัน	1	1	0	2	0.66	จัดรูปแบบบางตอนให้เป็นแนวทางเดียวกัน	สอดคล้อง

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	ความคิดเห็น	ความหมาย
	1	2	3				
5. ด้านการออกแบบการเรียนการสอน							
5.1 การออกแบบเป็นระบบ ทำได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.2 กลยุทธ์การนำเสนอดึงดูดความสนใจ	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.3 การออกแบบเนื้อหาการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับบทเรียน, ผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนกับผู้เรียน	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.4 การจัดวางเครื่องมือสามารถใช้งานได้สะดวก	0	1	1	2	0.66	ควรจัดวางเครื่องมือบางตำแหน่งให้เหมาะสมกับการใช้งาน	สอดคล้อง
5.5 เครื่องมือมีความสอดคล้องกับขั้นตอนการเรียนรู้	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.6 กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.7 มีแบบฝึกหัด หรือแบบฝึกปฏิบัติที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.8 กิจกรรมการเรียนการสอนบนเว็บแต่ละขั้นสอดคล้องกับขั้นตอนการเรียนรู้ร่วมกันบนเว็บ	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.9 เครื่องมือที่เลือกใช้เอื้อต่อกิจกรรมการเรียนรู้บนเว็บเพื่อส่งเสริมให้เกิดความคิดวิเคราะห์	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.10 มีการเลือกใช้เครื่องมือสื่อสารที่เหมาะสมและเอื้อต่อการให้ผลป้อนกลับ	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
ค่าเฉลี่ย					0.92		

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความเหมาะสมเว็บการเรียนการสอนวิชาการโปรแกรมahunต์เท่ากับ 0.92

เกณฑ์ประเมินความสอดคล้อง

คะแนน 1 หมายถึง มีความสอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ถ้าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ถือว่าสอดคล้องใช้ได้ ไม่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข แต่ถ้าดัชนีความสอดคล้องน้อยกว่า 0.50 ต้องนำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

แบบประเมินความเหมาะสมวีดิทัศน์เสริมความรู้วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

ตารางค่าคะแนนความสอดคล้องของแบบประเมินความเหมาะสมวีดิทัศน์เสริมความรู้วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	ความคิดเห็น	ความหมาย
	1	2	3				
1. ด้านเนื้อหา							
1.1 เนื้อหามีความถูกต้องและชัดเจน	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
1.2 เนื้อหาที่นำเสนอตรงตามวัตถุประสงค์ของการเรียน	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
1.3 เนื้อหาปริมาณเหมาะสมกับผู้เรียน	0	1	1	2	0.66	ปรับเนื้อหาให้เหมาะกับวัยและเวลา	สอดคล้อง
1.4 เนื้อหาเรียงลำดับจากง่ายไปยาก	1	1	0	2	0.66	ปรับการลำดับเนื้อหาใหม่	สอดคล้อง
2. ด้านภาพและสี							
2.1 ภาพที่ใช้สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
2.2 ภาพมีขนาดเหมาะสมกับหน้าจอและเห็นชัดเจน	1	0	1	2	0.66	ปรับขนาดของภาพบางภาพ	สอดคล้อง
2.3 ขนาดของไฟล์ภาพมีความเหมาะสม	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
2.4 สีของวิดีโอ มีความเหมาะสม กลมกลืน และสวยงาม	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
2.5 สีที่ใช้เน้นข้อความมีความเหมาะสม	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
3. ด้าน ตัวอักษร							
3.1 ตัวอักษรมีขนาดเหมาะสม อ่านง่าย	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
3.2 รูปแบบตัวอักษรเหมาะสมกับเนื้อหา	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
3.3 สีของตัวอักษรเหมาะสมกับพื้นหลัง	1	0	1	2	0.66	ปรับสีพื้นหลังให้ตัวอักษรเห็นชัด	สอดคล้อง
4. ด้านความเหมาะสมกับผู้เรียน							
4.1 เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1	0	1	2	0.66	ควรใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นมาพัฒนาเนื้อเรื่องของวีดิทัศน์	สอดคล้อง
4.2 เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5. ด้านการผลิต							
5.1 การจัดองค์ประกอบศิลป์	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.2 การลำดับภาพ	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.3 ความประณีต	1	1	0	2	0.66	ให้ความสำคัญกับรายละเอียดมากขึ้น	สอดคล้อง
5.4 เสียงบรรยาย การออกเสียงอักขระ จังหวะการอ่าน น้ำเสียง	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.5 เสียงประกอบสัมพันธ์กับภาพและเรื่อง	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
5.6 การนำเสนอ	1	1	0	2	0.66	ปรับการนำเสนอบางตอนให้เป็นระบบ	สอดคล้อง
6. ด้านภาษา							
6.1 ถูกต้อง ชัดเจน	1	1	1	3	1		สอดคล้อง
6.2 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	0	1	2	0.66	ใช้ภาษาให้เหมาะกับวัยของนักเรียน	สอดคล้อง
ค่าเฉลี่ย					0.88		

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความเหมาะสมวีดิทัศน์เสริมความรู้วิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์เท่ากับ 0.88

เกณฑ์ประเมินความสอดคล้อง

คะแนน 1 หมายถึง มีความสอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ถ้าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ถือว่าสอดคล้องใช้ได้ ไม่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข แต่ถ้าดัชนีความสอดคล้องน้อยกว่า 0.50 ต้องนำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบประเมินแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานก่อนเรียน

ตารางวิเคราะห์แบบวัดความรู้พื้นฐานก่อนเรียน

สาระการเรียนรู้	พฤติกรรม						รวม (ข้อ)
	ความรู้- ความจำ(ข้อ)	ความเข้าใจ (ข้อ)	การนำไปใช้ (ข้อ)	การวิเคราะห์ (ข้อ)	การสังเคราะห์ (ข้อ)	การประเมินค่า (ข้อ)	
1. รู้จักกับหุ่นยนต์	7						
2 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์		6					
3. หน้าที่อุปกรณ์ต่างๆ บน แผงวงจรหุ่นยนต์			4				
4. เรียนรู้การยั้งค้บหุ่นยนต์ ให้เคลื่อนที่ได้				4			
5. การควบคุมระยะไกล				1			
6. วัดระยะทางด้วยแสง อินฟราเรด				1			
7. น้บระยะการเคลื่อนที่					2		
รวมจำนวนข้อทั้งหมด							25

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของการทำแบบทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียน

1. บอกความหมายและลักษณะของหุ่นยนต์ได้ถูกต้อง
2. บอกส่วนประกอบของหุ่นยนต์ได้ถูกต้อง
3. บอกหน้าที่ในการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆของหุ่นยนต์ได้

เกณฑ์ประเมินความสอดคล้อง

คะแนน 1 หมายถึง มีความสอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ถ้าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ถือว่าสอดคล้องใช้ได้ ไม่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข แต่ถ้าดัชนีความสอดคล้องน้อยกว่า 0.50 ต้องนำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ตารางค่าความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

ข้อ คำถาม ที่	ประเภทของ วัตถุประสงค์ ข้อที่ 1 (บอก ความหมายและ ลักษณะของ หุ่นยนต์ได้ ถูกต้อง)	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ									ค่าเฉลี่ย	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1			คนที่ 2			คนที่ 3				
		ระดับความ สอดคล้อง			ระดับความ สอดคล้อง			ระดับความ สอดคล้อง				
		-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1		
ข้อที่ 1				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 2				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 3			✓				✓			✓	0.67	สถานการณ์ในโจทย์ ยาว ไป ไม่รัดกุม
ข้อที่ 4				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 5				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 6				✓		✓				✓	0.67	ใช้ได้ แต่ปรับข้อคำตอบที่ มีความเป็นไปได้มากกว่า 1 ข้อให้เหลือถูกเพียงข้อ เดียว
ข้อที่ 7				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 8				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 9				✓		✓				✓	0.67	ข้อคำถามในโจทย์ ยาก เกินไปสำหรับนักเรียน ระดับ ม.1
ข้อที่ 10				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 11				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 12				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 13				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 14				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 15				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 16				✓			✓			✓	1	

ตารางค่าความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

ข้อ คำถาม ที่	ประเภทของ วัตถุประสงค์ ข้อที่ 2 (บอก ส่วนประกอบ ของหุ่นยนต์ได้ ถูกต้อง)	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ									ค่าเฉลี่ย	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1			คนที่ 2			คนที่ 3				
		ระดับความ สอดคล้อง			ระดับความ สอดคล้อง			ระดับความ สอดคล้อง				
		-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1		
ข้อที่ 17			✓			✓				✓	0.33	ข้อคำถามในโจทย์ ตั้ง คำถามไม่ชัดเจน ถามให้ ตรงประเด็น
ข้อที่ 18			✓					✓		✓	0.67	ใช้ได้ แต่ข้อคำตอบในแต่ ละข้อยาวเกินไป ทำให้หน้า เปื้อน
ข้อที่ 19					✓		✓			✓	0.33	ข้อคำถามไม่ชัดเจน กำกวม
ข้อที่ 20					✓			✓		✓	1	
ข้อที่ 21					✓			✓		✓	1	
ข้อที่ 22					✓			✓		✓	1	
ข้อที่ 23					✓			✓		✓	1	
ข้อที่ 24					✓			✓		✓	1	
ข้อที่ 25			✓				✓			✓	0.67	ข้อคำถามในโจทย์ ยาก เกินไปสำหรับนักเรียน ระดับ ม.1
ข้อที่ 26					✓			✓		✓	1	
ข้อที่ 27					✓			✓		✓	1	
ข้อที่ 28					✓			✓		✓	1	
ข้อที่ 29			✓			✓				✓	0	ข้อคำถามในโจทย์ และ ข้อคำตอบไม่เป็นไปใน ทิศทางเดียวกัน ไม่ สอดคล้องกัน ถามอย่าง หนึ่ง ตอบอีกอย่างหนึ่ง สับสน
ข้อที่ 30					✓			✓		✓	1	
ข้อที่ 31					✓			✓		✓	1	

ตารางค่าความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3

ข้อ คำถาม ที่	ประเภทของ วัตถุประสงค์ ข้อที่ 3 (บอกหน้าที่ใน การใช้ประโยชน์ ด้านต่างๆของ หุ่นยนต์ได้)	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ									ค่าเฉลี่ย	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1			คนที่ 2			คนที่ 3				
		ระดับความ สอดคล้อง			ระดับความ สอดคล้อง			ระดับความ สอดคล้อง				
		-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1		
ข้อที่ 32				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 33				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 34				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 35				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 36				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 37				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 38				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 39				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 40				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 41				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 42				✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 43			✓			✓				✓	0.33	คำถามซ้ำกับข้อ 42 หาก จะใช้ต้องปรับใหม่
ข้อที่ 44				✓			✓			✓	1	
ค่าเฉลี่ย											0.894	

ค่าดัชนีความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญรวมทั้งฉบับ เท่ากับ 0.894

แบบประเมินแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์

แบบทดสอบนี้ ได้พัฒนาขึ้นตามหลักการของ Bloom (1972) ที่ได้แบ่งการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) การวิเคราะห์ด้านหลักการ 2) การวิเคราะห์ด้านเนื้อหา และ 3) การวิเคราะห์ด้านความสัมพันธ์ โดยผู้วิจัยได้นิยามคำศัพท์ในการเขียนวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้

การวิเคราะห์ด้านหลักการ หมายถึง การวิเคราะห์แนวคิด วัตถุประสงค์ มโนทัศน์ในรายละเอียดของงาน และความหมายขององค์ประกอบต่างๆ

การวิเคราะห์ด้านเนื้อหา หมายถึง การวิเคราะห์เพื่อแจกแจงรายละเอียดของส่วนย่อยๆ ได้ และส่วนต่างๆ ในแต่ละส่วนประกอบ โดยเน้นถึงข้อแตกต่างของสิ่งนั้นจากสิ่งอื่นๆ

การวิเคราะห์ด้านความสัมพันธ์ หมายถึง การวิเคราะห์เพื่อจำแนกความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลกระทบ ว่า เกิดจากสาเหตุใด เชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร สมเหตุสมผลหรือไม่

สถานการณ์ หมายถึง เหตุการณ์ที่กำหนดขึ้น หรือเหตุการณ์จากการทดลองปฏิบัติจริง

องค์ประกอบ หมายถึง ชนิด รูปแบบ วิธีการ ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น หรือสร้างขึ้นมาจากการทดลอง

เนื้อหา หมายถึง รายละเอียด ข้อเท็จจริง ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น หรือสร้างขึ้นมาจากการทดลอง

- วัตถุประสงค์
1. บอกแนวคิดหรือหลักการของสิ่งที่เกิดขึ้น หรือตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
 2. สามารถระบุรายละเอียดของเนื้อหาหรือข้อเท็จจริงของสิ่งที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์ต่างๆได้
 3. สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดหรือองค์ประกอบของเหตุการณ์ที่ให้ได้

เกณฑ์ประเมินความสอดคล้อง

คะแนน 1 หมายถึง มีความสอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ถ้าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ถือว่าสอดคล้องใช้ได้ ไม่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข แต่ถ้าดัชนีความสอดคล้องน้อยกว่า 0.50 ต้องนำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

หัวข้อ	วัตถุประสงค์	คำถามประเภทการคิดวิเคราะห์			รวม (ข้อ)
		หลักการ (ข้อ)	เนื้อหา (ข้อ)	ความสัมพันธ์ (ข้อ)	
การคิดวิเคราะห์	1. บอกแนวคิดหรือหลักการของสิ่งที่เกิดขึ้น หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	16	-	-	16
	2. สามารถระบุรายละเอียดของเนื้อหาหรือข้อเท็จจริงของสิ่งที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์ต่างๆได้	-	14	-	15
	3. สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดหรือองค์ประกอบของเหตุการณ์ที่ให้ได้	-	-	12	13
	ข้อคำถามที่ระบุในแต่ละประเภท(ข้อที่)	ข้อที่ 1-16	ข้อที่ 17-31	ข้อที่ 32-44	44

ตารางค่าความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านเนื้อหา

ข้อ คำถามที่	ประเภท ของการ วิเคราะห์	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ															ค่าเฉลี่ย	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1			คนที่ 2			คนที่ 3			คนที่ 4			คนที่ 5				
		-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1		
ข้อที่ 17	เนื้อหา		✓			✓				✓			✓			✓	0.6	ข้อคำถามใน โจทย์ ตั้งคำถาม ไม่ชัดเจน ถ้าม ให้ตรงประเด็น
ข้อที่ 18			✓			✓			✓			✓			✓		0.8	ใช้ได้ แต่ข้อ คำตอบในแต่ละ ข้อยาวเกินไป ทำให้น่าเบื่อ
ข้อที่ 19				✓		✓			✓			✓			✓		0.6	คำถามไม่ชัดเจน ควรตั้งใหม่
ข้อที่ 20				✓		✓			✓			✓			✓		1	
ข้อที่ 21				✓		✓			✓			✓			✓		1	
ข้อที่ 22				✓		✓			✓			✓			✓		1	
ข้อที่ 23				✓		✓			✓			✓			✓		1	
ข้อที่ 24				✓		✓			✓			✓			✓		1	
ข้อที่ 25			✓			✓			✓			✓			✓		0.8	ข้อคำถามใน โจทย์ ยาก เกินไปสำหรับ นักเรียนระดับ ม.1
ข้อที่ 26				✓		✓			✓			✓			✓		1	
ข้อที่ 27				✓		✓			✓			✓			✓		1	
ข้อที่ 28				✓		✓			✓			✓			✓		1	
ข้อที่ 29			✓			✓			✓			✓			✓		0.4	ข้อคำถามใน โจทย์ และข้อ คำตอบไม่ เป็นไปใน ทิศทางเดียวกัน ไม่สอดคล้องกัน ถ้ามอย่างหนึ่ง ตอบอีกอย่าง หนึ่ง สับสน
ข้อที่ 30				✓		✓			✓			✓			✓		1	
ข้อที่ 31				✓		✓			✓			✓			✓		1	

ตารางค่าความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านความสัมพันธ์

ข้อ คำถามที่	ประเภท ของการ วิเคราะห์	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ															ค่าเฉลี่ย	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1			คนที่ 2			คนที่ 3			คนที่ 4			คนที่ 5				
		-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1		
ข้อที่ 32	ความสัมพันธ์			✓			✓			✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 33				✓			✓			✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 34				✓			✓			✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 35				✓			✓			✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 36				✓			✓			✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 37				✓			✓			✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 38				✓			✓			✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 39				✓			✓			✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 40				✓			✓			✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 41				✓			✓			✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 42				✓			✓			✓			✓			✓	1	
ข้อที่ 43			✓			✓		✓				✓			✓		0.6	คำถามซ้ำกับข้อ 42 หากจะใช้ต้องตั้งใหม่
ข้อที่ 44				✓			✓			✓			✓			✓	1	
ค่าเฉลี่ย																	0.936	

ค่าดัชนีความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญรวมทั้งฉบับ เท่ากับ 0.936

แบบประเมินแบบทดสอบการแก้ปัญหา

แบบทดสอบนี้ ได้พัฒนาขึ้นตามหลักการกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) ประกอบด้วย

1. วิเคราะห์สถานการณ์เพื่อค้นหาปัญหา
2. ค้นหาถึงสาเหตุของปัญหา
3. วางแผน ดำเนินการแก้ปัญหา
4. ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	คุณลักษณะที่ต้องการวัด
1. ระบุปัญหา	ความสามารถในการอธิบายสภาพปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ว่า อะไรคือปัญหาของสถานการณ์นั้น
2. การวิเคราะห์ปัญหาหรือการหาสาเหตุของปัญหา	ความสามารถในการระบุสาเหตุของปัญหา แยกแยะประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุปัญหา
3. การเสนอวิธีการแก้ไขปัญหา	ความสามารถในการหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสาเหตุของปัญหาเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา
4. ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	ความสามารถในการวิเคราะห์ตรวจสอบและอธิบายผลที่เกิดจากวิธีการแก้ปัญหา

ตารางแสดง รายละเอียดของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

หน่วยการเรียนรู้ที่	เรื่องที่เรียน	สถานการณ์ที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหา
1	เรียนรู้หุ่นยนต์	ไม่มีการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เนื่องจากเป็นการแนะนำให้รู้จักองค์ประกอบของหุ่นยนต์
2	การประกอบหุ่นยนต์	สถานการณ์ที่ 8, 9
3	การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	สถานการณ์ที่ 1, 3, 4
4	การควบคุมการชนด้วยสวิทช์	สถานการณ์ที่ 2
5	การสื่อสารข้อมูลอนุกรม	สถานการณ์ที่ 7
6	การติดตั้งวงจรอินฟราเรดเพื่อควบคุมระยะไกล	สถานการณ์ที่ 5,12
7	การหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยใช้อินฟราเรดวัดระยะทาง	สถานการณ์ที่ 6,11
8	การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตามเส้น	สถานการณ์ที่ 10,13,14

ตารางค่าความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ															ค่าเฉลี่ย	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1			คนที่ 2			คนที่ 3			คนที่ 4			คนที่ 5				
		-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1		
สถาน การณ์ ที่ 7	1.การระบุ ปัญหา ค้นหา ปัญหาที่แท้จริง ที่เกิดขึ้น			✓		✓				✓			✓			✓	0.8	คำถามใน โจทย์ ถ้าม ไม่สอดคล้องกับ เหตุการณ์
	2.การวิเคราะห์ และหาสาเหตุ ของปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		
	3.เสนอวิธีคิด แก้ปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		
	4.ตรวจสอบ ผลลัพธ์จาก การเสนอวิธี แก้ปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		
สถาน การณ์ ที่ 8	1.การระบุ ปัญหา ค้นหา ปัญหาที่แท้จริง ที่เกิดขึ้น			✓		✓			✓			✓			✓	1		
	2.การวิเคราะห์ และหาสาเหตุ ของปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		
	3.เสนอวิธีคิด แก้ปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		
	4.ตรวจสอบ ผลลัพธ์จาก การเสนอวิธี แก้ปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		

ตารางค่าความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ															ค่าเฉลี่ย	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1			คนที่ 2			คนที่ 3			คนที่ 4			คนที่ 5				
		-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1		
สถาน การณ์ ที่ 9	1.การระบุ ปัญหา ค้นหา ปัญหาที่แท้จริง ที่เกิดขึ้น			✓		✓			✓				✓			✓	0.8	ข้อคำถาม ในโจทย์ ยากเกินไป สำหรับ นักเรียน ระดับ ม.1
	2.การวิเคราะห์ และหาสาเหตุ ของปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		
	3.เสนอวิธีคิด แก้ปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		
	4.ตรวจสอบ ผลลัพธ์จาก การเสนอวิธี แก้ปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		
สถาน การณ์ ที่ 10	1.การระบุ ปัญหา ค้นหา ปัญหาที่แท้จริง ที่เกิดขึ้น		✓			✓			✓			✓			✓	0.8	ข้อคำถาม ในโจทย์ คล้ายกับ สถานการณ์ ในข้อที่ 8	
	2.การวิเคราะห์ และหาสาเหตุ ของปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		
	3.เสนอวิธีคิด แก้ปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		
	4.ตรวจสอบ ผลลัพธ์จาก การเสนอวิธี แก้ปัญหา			✓		✓			✓			✓			✓	1		

ตารางค่าความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ															ค่าเฉลี่ย	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1			คนที่ 2			คนที่ 3			คนที่ 4			คนที่ 5				
		-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1		
สถาน การณ์ ที่ 13	1.การระบุ ปัญหา ค้นหา ปัญหาที่แท้จริง ที่เกิดขึ้น			✓			✓			✓			✓			✓	1	
	2.การวิเคราะห์ และหาสาเหตุ ของปัญหา			✓			✓			✓			✓			✓	1	
	3.เสนอวิธีคิด แก้ปัญหา			✓			✓			✓			✓			✓	1	
	4.ตรวจสอบ ผลลัพธ์จาก การเสนอวิธี แก้ปัญหา			✓			✓			✓			✓			✓	1	
สถาน การณ์ ที่ 14	1.การระบุ ปัญหา ค้นหา ปัญหาที่แท้จริง ที่เกิดขึ้น			✓			✓			✓			✓			✓	1	
	2.การวิเคราะห์ และหาสาเหตุ ของปัญหา			✓			✓			✓			✓			✓	1	
	3.เสนอวิธีคิด แก้ปัญหา			✓			✓			✓			✓			✓	1	
	4.ตรวจสอบ ผลลัพธ์จาก การเสนอวิธี แก้ปัญหา			✓			✓			✓			✓			✓	1	
ค่าเฉลี่ย																	0.97	

ค่าดัชนีความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญรวมทั้งฉบับ เท่ากับ 0.97

เกณฑ์ประเมินความสอดคล้อง

คะแนน 1 หมายถึง มีความสอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ถ้าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ถือว่าสอดคล้องใช้ได้ ไม่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข แต่ถ้าดัชนีความสอดคล้องน้อยกว่า 0.50 ต้องนำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ภาคผนวก จ

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ 80:80

- คะแนนการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ 80:80
- แบบประเมินชิ้นงานในการหาประสิทธิภาพเครื่องมือ
- แบบทดสอบภายหลังการใช้สื้อใช้ในการหาประสิทธิภาพเครื่องมือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คะแนนการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ 80:80

คะแนนทดสอบการหาคุณภาพของสื่อตามเกณฑ์ 80:80 (วิชราพร อัจฉริยโกศล) โดยการนำคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังการใช้สื่อมาวิเคราะห์หาค่าร้อยละ ดังตารางที่ 1

วิธีคิด $\Sigma X * 100 / N * \text{คะแนนเต็ม}$

N	คะแนนเต็ม (20 คะแนน)
1	18
2	19
3	12
4	20
5	15
6	17
7	16
8	17
9	19
10	16
รวม	169 เท่ากับ 84.5 %

ตารางที่ 1 แสดงค่าคะแนนการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ โดยนำคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังการใช้สื่อมีค่าคะแนนการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ เท่ากับ 84.5 %

การประเมินชิ้นงานที่ให้นักเรียนทำหลังเรียนบทเรียนแต่ละหน่วยเพื่อศึกษาว่าเป็นผลงานที่บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ เท่ากับ 80% ทุกข้อ ดังตารางที่ 2

ชิ้นงาน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	รวม	%
คนที่													
1	5	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	49	89.09
2	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	53	96.36
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	44	80.00
4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	54	98.10
5	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	45	81.81
6	4	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4	48	87.27
7	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	52	94.54
8	4	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	48	87.27
9	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	53	96.36
10	5	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	48	87.27
รวม												89.80	

ตารางที่ 2 แสดงค่าคะแนนการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ โดยนำคะแนนจากการประเมินชิ้นงานที่ให้นักเรียนทำหลังเรียนบทเรียนแต่ละหน่วยมีค่าคะแนนการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ เท่ากับ 89.8 %

แบบประเมินชิ้นงานในการหาประสิทธิภาพเครื่องมือ

แบบประเมินชิ้นงาน หน่วยการแนะนำหุ่นยนต์

ชื่อ.....

ชิ้นส่วนของหุ่นยนต์

5	4	3	2	1
<p>ชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ที่นักเรียนรู้จัก ประกอบด้วย</p> <p>-แผงวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์, บอร์ด, สาย cx4, อินพุตอะนาล็อก 8 ช่อง, อินพุตเอาพุตดิจิตอล 7 ช่อง,</p> <p>-ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟตรง 2 ตัว, เซอร์โวมอเตอร์ 3 ตัว, กล้องรองกะบะถ่าน, แผ่นฐาน, มอเตอร์ พร้อมเฟืองขับ</p> <p>-ล้อพลาสติกกลม, ยาง, ขึ้นต่อมุมฉาก, ขึ้นต่อมุมป้าน, ขึ้นต่อแนวตรง</p> <p>,</p> <p>-สกรูเกลียวปล่อย, นอต 3 มม., สกรู 3 มม., เสารองโลหะ, เสารองพลาสติก</p> <p>-แผงวงจรสวิตซ์, แผงวงจรตรวจจับแสง สะท้อนอินฟราเรด, GP2D120, แผงวงจร ไมครูลรับแสงอินฟราเรด, รีโมตคอนโทรล</p>	<p>ชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ที่นักเรียนรู้จัก ประกอบด้วย</p> <p>-แผงวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์, บอร์ด, สาย cx4, อินพุตอะนาล็อก 8 ช่อง, อินพุตเอาพุตดิจิตอล 7 ช่อง,</p> <p>-ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟตรง 2 ตัว, เซอร์โวมอเตอร์ 3 ตัว, กล้องรองกะบะถ่าน, แผ่นฐาน, มอเตอร์ พร้อมเฟืองขับ</p> <p>-ล้อพลาสติกกลม, ยาง, ขึ้นต่อมุมฉาก, ขึ้นต่อมุมป้าน, ขึ้นต่อแนวตรง</p> <p>,</p> <p>-สกรูเกลียวปล่อย, นอต 3 มม., สกรู 3 มม., เสารองโลหะ, เสารองพลาสติก</p>	<p>ชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ที่นักเรียนรู้จัก ประกอบด้วย</p> <p>-แผงวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์, บอร์ด, สาย cx4, อินพุตอะนาล็อก 8 ช่อง, อินพุตเอาพุตดิจิตอล 7 ช่อง,</p> <p>-ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟตรง 2 ตัว, เซอร์โวมอเตอร์ 3 ตัว, กล้องรองกะบะถ่าน, แผ่นฐาน, มอเตอร์ พร้อมเฟืองขับ</p> <p>-ล้อพลาสติกกลม, ยาง, ขึ้นต่อมุมฉาก, ขึ้นต่อมุมป้าน, ขึ้นต่อแนวตรง</p> <p>,</p>	<p>ชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ที่นักเรียนรู้จัก ประกอบด้วย</p> <p>-แผงวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์, บอร์ด, สาย cx4, อินพุตอะนาล็อก 8 ช่อง, อินพุตเอาพุตดิจิตอล 7 ช่อง,</p> <p>-ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟตรง 2 ตัว, เซอร์โวมอเตอร์ 3 ตัว, กล้องรองกะบะถ่าน, แผ่นฐาน, มอเตอร์ พร้อมเฟืองขับ</p>	<p>ชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ที่นักเรียนรู้จัก ประกอบด้วย</p> <p>-แผงวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์, บอร์ด, สาย cx4, อินพุตอะนาล็อก 8 ช่อง, อินพุตเอาพุตดิจิตอล 7 ช่อง,</p>

แบบประเมินชิ้นงาน หน่วยการประกอบหุ่นยนต์

ชื่อ.....

การประกอบหุ่นยนต์

5	4	3	2	1
<p>-ล้อพลาสติกได้รับการหุ้มยางเรียบร้อยแล้ว</p> <p>-ล้อที่หุ้มยางได้รับการเสียบเข้ากับแกนของชุดเฟืองขับเคลื่อน ล้อได้รับการยึดเข้ากับแกนมอเตอร์ด้วยสกรูเกลียวปлой</p> <p>-ชุดมอเตอร์ได้รับการติดตั้งเข้ากับแผ่นฐานด้วยสกรูอย่างแน่นหนา</p> <p>-กระบะรองถ่านได้รับการยึดด้วยสกรูหัวตัด และสกรูหัวตัดได้รับการสวมด้วยเสารองพลาสติก</p> <p>-Stamp box ได้รับการวางในกระบะถ่านที่ยึดติดกับฐานหุ่นยนต์ สายมอเตอร์ได้รับการเสียบที่จุดต่อ direct ของมอเตอร์ A และdirect ของมอเตอร์ B</p>	<p>-ล้อพลาสติกได้รับการหุ้มยางเรียบร้อยแล้ว</p> <p>-ล้อที่หุ้มยางได้รับการเสียบเข้ากับแกนของชุดเฟืองขับเคลื่อน ล้อได้รับการยึดเข้ากับแกนมอเตอร์ด้วยสกรูเกลียวปлой</p> <p>-ชุดมอเตอร์ได้รับการติดตั้งเข้ากับแผ่นฐานด้วยสกรูอย่างแน่นหนา</p> <p>-กระบะรองถ่านได้รับการยึดด้วยสกรูหัวตัด และสกรูหัวตัดได้รับการสวมด้วยเสารองพลาสติก</p>	<p>-ล้อพลาสติกได้รับการหุ้มยางเรียบร้อยแล้ว</p> <p>-ล้อที่หุ้มยางได้รับการเสียบเข้ากับแกนของชุดเฟืองขับเคลื่อน ล้อได้รับการยึดเข้ากับแกนมอเตอร์ด้วยสกรูเกลียวปлой</p> <p>-ชุดมอเตอร์ได้รับการติดตั้งเข้ากับแผ่นฐานด้วยสกรูอย่างแน่นหนา</p>	<p>-ล้อพลาสติกได้รับการหุ้มยางเรียบร้อยแล้ว</p> <p>-ล้อที่หุ้มยางได้รับการเสียบเข้ากับแกนของชุดเฟืองขับเคลื่อน ล้อได้รับการยึดเข้ากับแกนมอเตอร์ด้วยสกรูเกลียวปлой</p>	<p>-ล้อพลาสติกได้รับการหุ้มยางเรียบร้อยแล้ว</p>

แบบประเมินชิ้นงาน หน่วยการขับเคลื่อนหุ่นยนต์

ชื่อ.....

การขับเคลื่อนหุ่นยนต์

5	4	3	2	1
<p>-ปรากฏรายการเขียนโปรแกรมที่ A2-1 ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ หุ่นยนต์อยู่ในสถานะปิดสวิทช์</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการปลดสายดาวนโหลดออก เมื่อเปิดสวิทช์เพื่อจ่ายไฟมอเตอร์ของหุ่นยนต์หมุนตามเข็มนาฬิกา 2 วินาที แล้วหมุนทวนเข็มนาฬิกา อีก 2 วินาที จากนั้นมอเตอร์ A และ B หมุนในทิศทางที่ตรงข้ามกันอีกทิศทางละ 2 วินาที และทำงานต่อเนื่อง</p> <p>-หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียวทั้งคู่, หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังเมื่อไฟแสดงสถานะเป็นสีแดงทั้งคู่, หุ่นยนต์จะเลี้ยวไปทางขวาเมื่อไฟแสดงสถานะของมอเตอร์ A เป็นสีแดงและมอเตอร์ B เป็นสีเขียว, หุ่นยนต์จะเลี้ยวซ้ายเมื่อไฟแสดงสถานะของมอเตอร์ A เป็นสีเขียวและมอเตอร์ B เป็นสีแดง</p> <p>-หน้าจอบันทึกการเขียนโปรแกรมที่ขึ้นต้นด้วยลาเบลตามด้วยเครื่องหมาย (:)และจบด้วยคำสั่ง RETURN</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการดาวนโหลดโปรแกรมเรียบร้อยแล้วและเคลื่อนที่ตามรูปแบบที่กำหนด</p>	<p>-ปรากฏรายการเขียนโปรแกรมที่ A2-1 ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ หุ่นยนต์อยู่ในสถานะปิดสวิทช์</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการปลดสายดาวนโหลดออก เมื่อเปิดสวิทช์เพื่อจ่ายไฟ มอเตอร์ของหุ่นยนต์หมุนตามเข็มนาฬิกา 2 วินาที แล้วหมุนทวนเข็มนาฬิกาอีก 2 วินาที จากนั้นมอเตอร์ A และ B หมุนในทิศทางที่ตรงข้ามกันอีกทิศทางละ 2 วินาที และทำงานต่อเนื่อง</p> <p>-หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียวทั้งคู่, หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังเมื่อไฟแสดงสถานะเป็นสีแดงทั้งคู่, หุ่นยนต์จะเลี้ยวไปทางขวาเมื่อไฟแสดงสถานะของมอเตอร์ A เป็นสีแดงและมอเตอร์ B เป็นสีเขียว, หุ่นยนต์จะเลี้ยวซ้ายเมื่อไฟแสดงสถานะของมอเตอร์ A เป็นสีเขียวและมอเตอร์ B เป็นสีแดง</p> <p>-หน้าจอบันทึกการเขียนโปรแกรมที่ขึ้นต้นด้วยลาเบล ตามด้วยเครื่องหมาย (:) และจบด้วยคำสั่ง RETURN</p>	<p>-ปรากฏรายการเขียนโปรแกรมที่ A2-1 ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ หุ่นยนต์อยู่ในสถานะปิดสวิทช์</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการปลดสายดาวนโหลดออก เมื่อเปิดสวิทช์เพื่อจ่ายไฟ มอเตอร์ของหุ่นยนต์หมุนตามเข็มนาฬิกา 2 วินาที แล้วหมุนทวนเข็มนาฬิกา อีก 2 วินาที จากนั้นมอเตอร์ A และ B หมุนในทิศทางที่ตรงข้ามกันอีกทิศทางละ 2 วินาที และทำงานต่อเนื่อง</p> <p>-หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียวทั้งคู่, หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังเมื่อไฟแสดงสถานะเป็นสีแดงทั้งคู่, หุ่นยนต์จะเลี้ยวไปทางขวาเมื่อไฟแสดงสถานะของมอเตอร์ A เป็นสีแดง และมอเตอร์ B เป็นสีเขียว, หุ่นยนต์จะเลี้ยวซ้ายเมื่อไฟแสดงสถานะของมอเตอร์ A เป็นสีเขียวและมอเตอร์ B เป็นสีแดง</p>	<p>-ปรากฏรายการเขียนโปรแกรมที่ A2-1 ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ หุ่นยนต์อยู่ในสถานะปิดสวิทช์</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการปลดสายดาวนโหลดออก เมื่อเปิดสวิทช์เพื่อจ่ายไฟ มอเตอร์ของหุ่นยนต์หมุนตามเข็มนาฬิกา 2 วินาที แล้วหมุนทวนเข็มนาฬิกา อีก 2 วินาที จากนั้นมอเตอร์ A และ B หมุนในทิศทางที่ตรงข้ามกันอีกทิศทางละ 2 วินาที และทำงานต่อเนื่อง</p>	<p>-ปรากฏรายการเขียนโปรแกรมที่ A2-1 ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ หุ่นยนต์อยู่ในสถานะปิดสวิทช์</p>

แบบประเมินชิ้นงาน หน่วย การควบคุมการชนด้วยสวิตช์

ชื่อ.....

การติดตั้งสวิตช์

5	4	3	2	1
-แผงวงจรสวิตช์ยึดติดด้วยสกรูและนอตอย่างแข็งแรง -แผงวงจรสวิตช์ประกอบเข้ากับชิ้นต่อมุมฉากอย่างแข็งแรง -ขึ้นต่อแนวตรงติดที่ด้านหน้าขวาของหุ่นยนต์อย่างแข็งแรง -แผงวงจรสวิตช์ประกอบเข้ากับตัวหุ่นยนต์บนแกนของชิ้นต่อแนวตรงและขึ้นต่อมุมบ้าน -สายจากแผงวงจรสวิตช์ขวาต่อเข้ากับจุด p6 ของหุ่นยนต์ แผงวงจรสวิตช์ซ้ายต่อเข้ากับที่จุด p1 ของหุ่นยนต์	-แผงวงจรสวิตช์ยึดติดด้วยสกรูและนอตอย่างแข็งแรง -แผงวงจรสวิตช์ประกอบเข้ากับชิ้นต่อมุมฉากอย่างแข็งแรง -ขึ้นต่อแนวตรงติดที่ด้านหน้าขวาของหุ่นยนต์อย่างแข็งแรง -แผงวงจรสวิตช์ประกอบเข้ากับตัวหุ่นยนต์บนแกนของชิ้นต่อแนวตรงและขึ้นต่อมุมบ้าน	-แผงวงจรสวิตช์ยึดติดด้วยสกรูและนอตอย่างแข็งแรง -แผงวงจรสวิตช์ประกอบเข้ากับชิ้นต่อมุมฉากอย่างแข็งแรง -ขึ้นต่อแนวตรงติดที่ด้านหน้าขวาของหุ่นยนต์อย่างแข็งแรง	-แผงวงจรสวิตช์ยึดติดด้วยสกรูและนอตอย่างแข็งแรง -แผงวงจรสวิตช์ประกอบเข้ากับชิ้นต่อมุมฉากอย่างแข็งแรง	-แผงวงจรสวิตช์ยึดติดด้วยสกรูและนอตอย่างแข็งแรง

การเขียนโปรแกรมอ่านค่าสวิตช์

5	4	3	2	1
-ปรากฏคำสั่ง IF (INx).....THENที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อพร้อมดาวนโหลดโปรแกรมไปที่หุ่นยนต์ -หุ่นยนต์ได้รับการดาวนโหลดโปรแกรมสายดาวนโหลดถูกถอดออก -หลอดไฟที่หุ่นยนต์ติดสว่างเมื่อกดสวิตช์ -ปรากฏคำสั่ง IF (INx).....THEN ELSE ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อต้องการให้หุ่นยนต์ทำงานรูปแบบอื่น -หุ่นยนต์ทำงานตามคำสั่งเมื่อกดสวิตช์	-ปรากฏคำสั่ง IF (INx).....THENที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อพร้อมดาวนโหลดโปรแกรมไปที่หุ่นยนต์ -หุ่นยนต์ได้รับการดาวนโหลดโปรแกรมสายดาวนโหลดถูกถอดออก -หลอดไฟที่หุ่นยนต์ติดสว่างเมื่อกดสวิตช์ -ปรากฏคำสั่ง IF (INx).....THEN ELSE ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อต้องการให้หุ่นยนต์ทำงานรูปแบบอื่น	-ปรากฏคำสั่ง IF (INx).....THENที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อพร้อมดาวนโหลดโปรแกรมไปที่หุ่นยนต์ -หุ่นยนต์ได้รับการดาวนโหลดโปรแกรมสายดาวนโหลดถูกถอดออก -หลอดไฟที่หุ่นยนต์ติดสว่างเมื่อกดสวิตช์	-ปรากฏคำสั่ง IF (INx).....THENที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อพร้อมดาวนโหลดโปรแกรมไปที่หุ่นยนต์ -หุ่นยนต์ได้รับการดาวนโหลดโปรแกรมสายดาวนโหลดถูกถอดออก	-ปรากฏคำสั่ง IF (INx).....THENที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อพร้อมดาวนโหลดโปรแกรมไปที่หุ่นยนต์

แบบประเมินชิ้นงาน หน่วยการสื่อข้อมูลอนุกรม

ชื่อ.....

การรับส่งข้อมูลอนุกรม

5	4	3	2	1
-ปรากฏหน้าต่าง Debug Terminal ที่ หน้าจอคอมพิวเตอร์ -มีสายคาวีโหลด เชื่อมต่อกับหุ่นยนต์ เรียบร้อย -มีรายการการเขียน โปรแกรมที่ A7-1 ปรากฏที่หน้าจอ เรียบร้อย -ปรากฏหน้าต่าง Debug Terminal ที่ หน้าจอคอมพิวเตอร์อีก ครั้งหนึ่ง -หน้าต่าง Debug Terminal รับข้อมูล จากหุ่นยนต์ภายหลัง การกดปุ่ม P1	-ปรากฏหน้าต่าง Debug Terminal ที่ หน้าจอคอมพิวเตอร์ -มีสายคาวีโหลด เชื่อมต่อกับหุ่นยนต์ เรียบร้อย -มีรายการการเขียน โปรแกรมที่ A7-1 ปรากฏที่หน้าจอ เรียบร้อย -ปรากฏหน้าต่าง Debug Terminal ที่ หน้าจอคอมพิวเตอร์อีก ครั้งหนึ่ง	-ปรากฏหน้าต่าง Debug Terminal ที่ หน้าจอคอมพิวเตอร์ -มีสายคาวีโหลด เชื่อมต่อกับหุ่นยนต์ เรียบร้อย -มีรายการการเขียน โปรแกรมที่ A7-1 ปรากฏที่หน้าจอ เรียบร้อย	-ปรากฏหน้าต่าง Debug Terminal ที่ หน้าจอคอมพิวเตอร์ -มีสายคาวีโหลด เชื่อมต่อกับหุ่นยนต์ เรียบร้อย	-ปรากฏหน้าต่าง Debug Terminal ที่ หน้าจอคอมพิวเตอร์

การรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ด้วยคำสั่ง SERIN

5	4	3	2	1
-หุ่นยนต์ได้รับการต่อสายดาวนโหลดเรียบร้อยแล้ว -ปรากฏหน้าจอโปรแกรมเบสิกแอสมป์ -ปรากฏรายการเขียนโปรแกรมที่ A7-2 บนหน้าจอคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว -ปรากฏหน้าจอ Debug Terminal เพื่อไว้ทดลองป้อนข้อมูล -หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อกดแป้น A -หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่เมื่อกดแป้น B	-หุ่นยนต์ได้รับการต่อสายดาวนโหลดเรียบร้อยแล้ว -ปรากฏหน้าจอโปรแกรมเบสิกแอสมป์ -ปรากฏรายการเขียนโปรแกรมที่ A7-2 บนหน้าจอคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว -ปรากฏหน้าจอ Debug Terminal เพื่อไว้ทดลองป้อนข้อมูล	-หุ่นยนต์ได้รับการต่อสายดาวนโหลดเรียบร้อยแล้ว -ปรากฏหน้าจอโปรแกรมเบสิกแอสมป์ -ปรากฏรายการเขียนโปรแกรมที่ A7-2 บนหน้าจอคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว	-หุ่นยนต์ได้รับการต่อสายดาวนโหลดเรียบร้อยแล้ว -ปรากฏหน้าจอโปรแกรมเบสิกแอสมป์	-หุ่นยนต์ได้รับการต่อสายดาวนโหลดเรียบร้อยแล้ว

แบบประเมินชิ้นงาน หน่วย การหลบหลีกสิ่งกีดขวางด้วยการใช้อินฟราเรดวัดระยะทาง

ชื่อ.....

การติดตั้งโมดูล GP2D120 เข้ากับหุ่นยนต์

5	4	3	2	1
-สกรูได้ถูกร้อยเข้าไปในรูของโมดูลเรียบร้อยแล้วอย่างหลวมๆ -ชิ้นต่อแนวตรงได้ต่อกับโมดูลด้วยนอตและสกรู -ชิ้นต่อมุมป้านได้รับการต่อเข้ากับชิ้นต่อแนวตรงทั้งสองด้าน -ชิ้นต่อมุมฉากได้รับการต่อเข้ากับปลายของชิ้นต่อแนวตรงอีกครั้งหนึ่ง -โมดูลได้รับการติดตั้งที่แผ่นฐานของหุ่นยนต์และมีได้รับการเชื่อมต่อด้วยสายสัญญาณจากโมดูลที่จุด ANALOG 1	-สกรูได้ถูกร้อยเข้าไปในรูของโมดูลเรียบร้อยแล้วอย่างหลวมๆ -ชิ้นต่อแนวตรงได้ต่อกับโมดูลด้วยนอตและสกรู -ชิ้นต่อมุมป้านได้รับการต่อเข้ากับชิ้นต่อแนวตรงทั้งสองด้าน -ชิ้นต่อมุมฉากได้รับการต่อเข้ากับปลายของชิ้นต่อแนวตรงอีกครั้งหนึ่ง	-สกรูได้ถูกร้อยเข้าไปในรูของโมดูลเรียบร้อยแล้วอย่างหลวมๆ -ชิ้นต่อแนวตรงได้ต่อกับโมดูลด้วยนอตและสกรู -ชิ้นต่อมุมป้านได้รับการต่อเข้ากับชิ้นต่อแนวตรงทั้งสองด้าน	-สกรูได้ถูกร้อยเข้าไปในรูของโมดูลเรียบร้อยแล้วอย่างหลวมๆ -ชิ้นต่อแนวตรงได้ต่อกับโมดูลด้วยนอตและสกรู	-สกรูได้ถูกร้อยเข้าไปในรูของโมดูลเรียบร้อยแล้วอย่างหลวมๆ

การเขียนโปรแกรมทดสอบโมดูล GP2D120

5	4	3	2	1
<p>-ปรากฏคำสั่ง RD_ADC ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อพร้อมดาวนโหลด โปรแกรมไปที่หุ่นยนต์</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการดาวนโหลดโปรแกรมสาย ดาวนโหลดถูกถอดออก</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการจ่ายไฟ หุ่นยนต์หันด้าน ที่ได้รับการติดตั้งโมดูล GP2D120 เข้าหา กำแพง หน้าต่างdebug terminal แสดงค่า ระยะห่างที่เกิดขึ้น</p> <p>-มีการเปรียบเทียบระยะห่างจากกำแพงด้วยไม้บรรทัดกับค่าที่อ่านได้จาก debug terminal</p> <p>- มีการทดลองปรับระยะห่างและตรวจสอบค่าที่วัดได้ว่าตรงกันหรือไม่</p>	<p>-ปรากฏคำสั่ง RD_ADC ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อพร้อมดาวนโหลด โปรแกรมไปที่หุ่นยนต์</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการดาวนโหลดโปรแกรมสาย ดาวนโหลดถูกถอดออก</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการจ่ายไฟ หุ่นยนต์หันด้าน ที่ได้รับการติดตั้งโมดูล GP2D120 เข้าหา กำแพง หน้าต่างdebug terminal แสดงค่า ระยะห่างที่เกิดขึ้น</p> <p>-มีการเปรียบเทียบระยะห่างจากกำแพงด้วยไม้บรรทัดกับค่าที่อ่านได้จาก debug terminal</p>	<p>-ปรากฏคำสั่ง RD_ADC ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อพร้อมดาวนโหลด โปรแกรมไปที่หุ่นยนต์</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการดาวนโหลดโปรแกรมสาย ดาวนโหลดถูกถอดออก</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการจ่ายไฟ หุ่นยนต์หันด้าน ที่ได้รับการติดตั้งโมดูล GP2D120 เข้าหา กำแพง หน้าต่างdebug terminal แสดงค่า ระยะห่างที่เกิดขึ้น</p>	<p>-ปรากฏคำสั่ง RD_ADC ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อพร้อมดาวนโหลด โปรแกรมไปที่หุ่นยนต์</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการดาวนโหลดโปรแกรมสาย ดาวนโหลดถูกถอดออก</p>	<p>-ปรากฏคำสั่ง RD_ADC ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อพร้อมดาวนโหลด โปรแกรมไปที่หุ่นยนต์</p>

แบบประเมินชิ้นงาน หน่วยการเคลื่อนที่ตามเส้นของหุ่นยนต์

ชื่อ

ติดตั้งแผงวงจรตรวจจับแสงสะท้อนอินฟราเรดเพื่อตรวจจับเส้น

5	4	3	2	1
-บอร์ดของแอสตมป์ บ็อกซ์ถูกยกออกจาก กล่องรองกระบะถ่าน สกูที่ยึดติดกล่องรอง กระบะถูกคลายออก -แผงวงจรตรวจจับได้รับ การติดตั้งเข้ากับหุ่นยนต์ ด้วยสกูและเสารอง พลาสติก -กล่องรองกระบะถ่าน ได้รับการขันยึดเข้า ตำแหน่งเดิม -บอร์ดของแอสตมป์ บ็อกซ์ได้รับการวางลงที่ เดิม -สายสัญญาณของ แผงวงจรตรวจจับ ด้านขวาได้รับการต่อเข้า ที่ตำแหน่ง ANALOG 1, ตัวกลางต่อเข้าที่จุด ANALOG 3, ทางซ้าย ต่อเข้าที่จุด ANALOG 5 ระยะห่างของแผงวงจร กับพื้นห่างไม่เกิน 5 มม.	-บอร์ดของแอสตมป์ บ็อกซ์ถูกยกออกจาก กล่องรองกระบะถ่าน สกูที่ยึดติดกล่องรอง กระบะถูกคลายออก -แผงวงจรตรวจจับได้รับ การติดตั้งเข้ากับ หุ่นยนต์ด้วยสกูและ เสารองพลาสติก -กล่องรองกระบะถ่าน ได้รับการขันยึดเข้า ตำแหน่งเดิม -บอร์ดของแอสตมป์ บ็อกซ์ได้รับการวางลงที่ เดิม	-บอร์ดของแอสตมป์ บ็อกซ์ถูกยกออกจาก กล่องรองกระบะถ่าน สกูที่ยึดติดกล่องรอง กระบะถูกคลายออก -แผงวงจรตรวจจับได้รับ การติดตั้งเข้ากับ หุ่นยนต์ด้วยสกูและ เสารองพลาสติก -กล่องรองกระบะถ่าน ได้รับการขันยึดเข้า ตำแหน่งเดิม	-บอร์ดของแอสตมป์ บ็อกซ์ถูกยกออกจาก กล่องรองกระบะถ่าน สกูที่ยึดติดกล่องรอง กระบะถูกคลายออก -แผงวงจรตรวจจับได้รับ การติดตั้งเข้ากับ หุ่นยนต์ด้วยสกูและ เสารองพลาสติก	-บอร์ดของแอสตมป์ บ็อกซ์ถูกยกออกจาก กล่องรองกระบะถ่าน สกูที่ยึดติดกล่องรอง กระบะถูกคลายออก

การทดสอบการทำงานของแผงวงจรตรวจจับแสงสะท้อนอินฟราเรดในการตรวจจับสีดำ-ขาว

5	4	3	2	1
<p>-หน้าจอบันทึกการเขียนโปรแกรมที่ B8-1</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการดาวน์โหลดโปรแกรม</p> <p>เรียบบร้อย และปรากฏค่าที่ได้บนหน้าต่าง</p> <p>Debug Terminal โดยที่ไม่ได้ปลดสายดาวน์โหลด</p> <p>-หุ่นยนต์ถูกนำไปวางที่พื้นที่สีขาว ปรากฏผลการอ่านค่าที่ได้จากแผงวงจรที่หน้าต่าง</p> <p>Debug Terminal</p> <p>-หุ่นยนต์ถูกนำไปวางที่พื้นที่สีดำ ปรากฏผลการอ่านค่าที่ได้จากแผงวงจรที่หน้าต่าง</p> <p>Debug Terminal</p> <p>-ค่าแสงที่ปรากฏบนหน้าต่างถูกต้องและการต่อสายสัญญาณถูกต้อง</p>	<p>-หน้าจอบันทึกการเขียนโปรแกรมที่ B8-1</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการดาวน์โหลดโปรแกรม</p> <p>เรียบบร้อย และปรากฏค่าที่ได้บนหน้าต่าง</p> <p>Debug Terminal โดยที่ไม่ได้ปลดสายดาวน์โหลด</p> <p>-หุ่นยนต์ถูกนำไปวางที่พื้นที่สีขาว ปรากฏผลการอ่านค่าที่ได้จากแผงวงจรที่หน้าต่าง</p> <p>Debug Terminal</p> <p>-หุ่นยนต์ถูกนำไปวางที่พื้นที่สีดำ ปรากฏผลการอ่านค่าที่ได้จากแผงวงจรที่หน้าต่าง</p> <p>Debug Terminal</p>	<p>-หน้าจอบันทึกการเขียนโปรแกรมที่ B8-1</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการดาวน์โหลดโปรแกรม</p> <p>เรียบบร้อย และปรากฏค่าที่ได้บนหน้าต่าง</p> <p>Debug Terminal โดยที่ไม่ได้ปลดสายดาวน์โหลด</p> <p>-หุ่นยนต์ถูกนำไปวางที่พื้นที่สีขาว ปรากฏผลการอ่านค่าที่ได้จากแผงวงจรที่หน้าต่าง</p> <p>Debug Terminal</p>	<p>-หน้าจอบันทึกการเขียนโปรแกรมที่ B8-1</p> <p>-หุ่นยนต์ได้รับการดาวน์โหลดโปรแกรม</p> <p>เรียบบร้อย และปรากฏค่าที่ได้บนหน้าต่าง</p> <p>Debug Terminal โดยที่ไม่ได้ปลดสายดาวน์โหลด</p>	<p>-หน้าจอบันทึกการเขียนโปรแกรมที่ B8-1</p>

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุปรีย์ บุรณะกนิษฐ เกิดเมื่อวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2509 ณ โรงพยาบาลศิริราช กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยกรุงเทพ เมื่อปีการศึกษา 2536 และเข้าทำงานในตำแหน่ง คอมพิวเตอร์กราฟิกดีไซน์เนอร์ ฝ่ายเทคนิค บริษัท เจ เอส แอล จำกัด กรุงเทพมหานคร เมื่อ พ.ศ. 2537 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา โสตทัศนศึกษา ภาควิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543 เข้าทำงานที่ศูนย์ปฏิบัติการโสตทัศนูปกรณ์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ในปีการศึกษา 2551



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY