

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. เอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี
  - 1.1 ความสำคัญของการงานอาชีพและเทคโนโลยี
  - 1.2 คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
  - 1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)
  - 1.4 ศึกษาเอกสารหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2553 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เกี่ยวกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-3)
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเอกสารประกอบการเรียน
  - 2.1 ความหมายของเอกสารประกอบการเรียน
  - 2.2 ส่วนประกอบของเอกสารประกอบการเรียน
  - 2.3 ขั้นตอนการเขียนเอกสารประกอบการเรียน
  - 2.4 ประโยชน์ของเอกสารประกอบการเรียน
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดการเรียนรู้
  - 3.1 ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้
  - 3.2 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้
  - 3.3 ลักษณะที่ดีของแผนการจัดการเรียนรู้
  - 3.4 ประโยชน์ของแผนการจัดการเรียนรู้
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนที่ใช้โครงงานเป็นฐาน
  - 4.1 ประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ที่ยึดโครงงานเป็นฐาน
  - 4.2 ความหมายของโครงงาน
  - 4.3 ลักษณะเด่นของโครงงาน
  - 4.4 การเตรียมตัวของครูก่อนการจัดการเรียนรู้
  - 4.5 การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
  - 4.6 บทบาทของครูสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่ยึดโครงงานเป็นฐาน
  - 4.7 บทบาทของครูในฐานะผู้กระตุ้นการเรียนรู้

4.8 การประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง

4.9 ขั้นตอนการพัฒนาโครงการงาน

5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวเบื้องต้น

5.1 ศึกษาเอกสารตำราที่เกี่ยวกับหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว

5.2 ศึกษาเอกสารตำราที่เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

5.3 ศึกษาเอกสารตำราที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมภาษา C สำหรับ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

6. การหาประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน

6.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

6.2 ความจำเป็นที่จะต้องหาประสิทธิภาพ

6.3 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

6.4 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

6.5 การตีความหมายผลการคำนวณ

6.6 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

7. ดัชนีประสิทธิผล

8. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

9. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10. กรอบแนวคิดในการวิจัย

## 1. เอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี

### 1.1 ความสำคัญของการงานอาชีพและเทคโนโลยี

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 : 204-205) ได้กล่าวถึงกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เป็นกลุ่มสาระที่ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ มีทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการดำรงชีวิต การอาชีพและเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการทำงานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์และแข่งขันในสังคมไทยและสากล เห็นแนวทางในการประกอบอาชีพ รักการทำงานและมีเจตคติที่ดีต่อการทำงาน สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างพอเพียงและมีความสุข

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นสาระเกี่ยวกับกระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศ การติดต่อสื่อสาร การค้นหาข้อมูล การใช้ข้อมูลและสารสนเทศแก้ปัญหาหรือการสร้างงาน คุณค่าและผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

## 1.2 คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 : 207-208) พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไว้ ดังนี้

**1.2.1 เข้าใจกระบวนการทำงานที่มีประสิทธิภาพ** ใช้กระบวนการกลุ่มในการทำงาน มีทักษะการแสวงหาความรู้ ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาและทักษะการจัดการมีลักษณะนิสัยการทำงานที่เสียสละ มีคุณธรรม ตัดสินใจอย่างมีเหตุผลและถูกต้องและมีจิตสำนึกในการใช้พลังงาน ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมอย่างประหยัดและคุ้มค่า

**1.2.2 เข้าใจกระบวนการเทคโนโลยีและระดับของเทคโนโลยี** มีความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการสร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างถูกต้องและปลอดภัย โดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพฉายเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือแบบจำลองความคิดและการรายงานผล เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อมและมีการจัดการเทคโนโลยีด้วยการลดการใช้ทรัพยากรหรือเลือกใช้เทคโนโลยีที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

**1.2.3 เข้าใจหลักการเบื้องต้นของการสื่อสารข้อมูล** เครือข่ายคอมพิวเตอร์ หลักการและวิธีแก้ปัญหาหรือการทำโครงการด้วยกระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ มีทักษะการค้นหาข้อมูล และการติดต่อสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อย่างมีคุณธรรมและจริยธรรม การใช้คอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหา สร้างชิ้นงานหรือโครงการจากจินตนาการและการใช้เทคโนโลยีนำเสนอ

**1.2.4 เข้าใจแนวทางการเลือกอาชีพการมีเจตคติที่ดี** เห็นความสำคัญของการเลือกประกอบอาชีพ วิธีการหางานทำ คุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการมีงานทำ วิเคราะห์แนวทางสู่อาชีพ มีทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการประกอบอาชีพ และประสบการณ์ต่ออาชีพที่สนใจและประเมินทางเลือกในการประกอบอาชีพที่สอดคล้องกับความรู้ความถนัดและความสนใจ

## 1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 : 210-217) พุทธศักราช 2551 ได้เน้นการจัดการศึกษาโดยกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ในการพัฒนาผู้เรียนตามระดับการพัฒนาของผู้เรียนเป็น 4 ช่วงชั้น คือช่วงชั้นที่ 1 (ป.1-3) ช่วงชั้นที่ 2 (ป.4-6) ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-3) และช่วงชั้นที่ 4 (ม.4-6) กำหนดสาระการเรียนรู้หลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนประกอบด้วยเนื้อหาวิชาการอาชีพและเทคโนโลยีและทักษะกระบวนการทางด้านการงานอาชีพและเทคโนโลยี

มุ่งพัฒนาผู้เรียนแบบองค์รวม เพื่อให้มีการพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองและมีทักษะในการทำงาน เห็นแนวทางในการประกอบอาชีพและการศึกษาต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่กำหนดไว้นี้ เป็นมาตรฐานที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน ซึ่งในที่นี้จะขอเสนอสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้ คือ มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-3) สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ดังนี้

### **สาระที่ 3 : เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร**

**มาตรฐาน ง 3.1** เข้าใจ เห็นคุณค่า และใช้กระบวนการทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงาน และอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีคุณธรรม

#### **ตัวชี้วัด**

ม 3/1 อธิบายการทำโครงการที่มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ม 3/2 เขียนโปรแกรมภาษาขั้นพื้นฐาน

ม 3/3 ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศนำเสนองานในรูปแบบที่เหมาะสมกับ

ลักษณะงาน

ม 3/4 ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างชิ้นงานจากจินตนาการหรืองานที่ทำใน

ชีวิตประจำวันตามหลักการทำโครงการอย่างมีจิตสำนึกและความรับผิดชอบ

### **1.4 ศึกษาเอกสารหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2553 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ (2553 : 40-46) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครศรีธรรมราช เขต 2 ได้จัดทำหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2553 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี โดยยึดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในเรื่อง ความสำคัญ คุณภาพของผู้เรียน สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ซึ่งได้นำเสนอแล้วข้างต้น ในที่นี้จะขอเสนอสาระสำคัญในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี สาระที่ 3 : เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้

#### **1.4.1 คำอธิบายรายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

ศึกษาและอธิบายหลักการทำโครงการที่มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างชิ้นงานจากจินตนาการหรืองานที่ทำในชีวิตประจำวันตามหลักการทำโครงการอย่างมีจิตสำนึกและความรับผิดชอบ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อนำเสนองานในรูปแบบที่เหมาะสมกับลักษณะงาน โดยใช้กระบวนการทำงาน กระบวนการสืบค้น กระบวนการปฏิบัติ กระบวนการคิดวิเคราะห์ เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ เห็นคุณค่า

และใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา และการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีคุณธรรม

เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจและทักษะเบื้องต้นเกี่ยวกับการทำโครงการโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาขั้นพื้นฐาน การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างงาน ตามหลักการทำโครงการจากจินตนาการหรืองานที่ทำได้ในชีวิตประจำวันอย่างมีจิตสำนึกและความรับผิดชอบใช้เทคโนโลยีในการนำเสนองานในรูปแบบที่เหมาะสมกับลักษณะงาน

#### 1.4.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้ วิชาเทคโนโลยี 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยตลอดหลักสูตรได้กำหนดจุดประสงค์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ 3.1 เข้าใจ เห็นคุณค่าและใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงานและอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพและมีคุณธรรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

##### ตัวชี้วัดที่ ม 3/1

1. อธิบายระดับของเทคโนโลยี
2. อธิบายหลักการทำโครงการที่มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

##### ตัวชี้วัดที่ ม 3/2

1. สร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างปลอดภัยออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพฉายเพื่อนำไปสู่การสร้างต้นแบบและแบบจำลองของสิ่งของเครื่องใช้หรือถ่ายทอดความคิดของวิธีการเป็นแบบจำลองความคิดและการรายงานผล
2. เขียนโปรแกรมภาษาขั้นพื้นฐาน

##### ตัวชี้วัดที่ ม 3/3

1. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศนำเสนองานในรูปแบบที่เหมาะสมกับลักษณะงาน

##### ตัวชี้วัดที่ ม 3/4

1. ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างชิ้นงานจากจินตนาการหรืองานทำได้ในชีวิตประจำวัน ตามหลักการทำโครงการอย่างมีจิตสำนึกและความรับผิดชอบ

## 2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเอกสารประกอบการเรียน

### 2.1 ความหมายของเอกสารประกอบการเรียน

สุชาติ ศิริสุขไพบุลย์ (2550 : 6) ได้ให้ความหมายของเอกสารประกอบการเรียนไว้ หมายถึง เอกสารที่ผู้สอนจัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนรู้ของผู้เรียน เป็นลักษณะเอกสารที่จัดทำเป็นรูปเล่ม มีเนื้อหาสาระที่ครอบคลุมครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ มีคำอธิบายถึงรายละเอียดของเนื้อหาที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และมีรูปภาพประกอบตามคำบรรยายอย่างเหมาะสม เนื้อหา มีการแยกย่อยและเรียงตามลำดับขั้นตอนอย่างต่อเนื่องกัน สาระถูกต้อง รูปแบบการพิมพ์ที่ดี มีความชัดเจน และเป็นสาระที่เขียนด้วยความรู้ของผู้สอนเอง ไม่ได้ลอกของผู้อื่นมา

อนุวัติ คุณแก้ว (2555 : 44) กล่าวว่า เอกสารประกอบการสอน เป็นเอกสารที่ใช้ประกอบการสอนวิชาใดวิชาหนึ่งตามหลักสูตร มีหัวข้อและเนื้อหาครอบคลุม และครบถ้วนตามรายละเอียดคำอธิบายรายวิชาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ประกอบด้วย คำอธิบายรายวิชา วัตถุประสงค์ทั่วไป การวางแผนการสอน การวัดและประเมินผล หนังสืออ่านประกอบ แผนบริหารการสอนเนื้อหา รวมทั้งแบบทดสอบก่อน/หลังเรียน หรือคำถามท้ายบท

ศักรินทร์ สุวรรณโรจน์ และคณะ (2555 : 102) กล่าวว่า เอกสารประกอบการเรียน หมายถึง เอกสารที่ใช้ประกอบการสอนวิชาใดวิชาหนึ่งตามหลักสูตรที่ใช้ในสถานศึกษามีหัวข้อครบถ้วนตามรายวิชาที่กำหนดไว้ในหลักสูตรไม่น้อยกว่า 1 รายวิชาและมีความหมายครอบคลุมในด้านต่าง ๆ เช่น ความหมาย เนื้อหา กิจกรรมและวิธีสอน อุปกรณ์ที่ใช้และวิธีวัดและประเมินผล

ถวัลย์ มาศจรัส (2556 : 96) กล่าวว่า เอกสารประกอบการเรียน หมายถึง เอกสารที่ใช้สอนหรือจัดการเรียนรู้วิชาใดวิชาหนึ่งตามหลักสูตรที่ใช้ในสถานศึกษามีหัวข้อและเนื้อหาครอบคลุม และครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

โศภณ รัตนะ (2556 : 11) กล่าวว่า เอกสารประกอบการสอน หมายถึง สื่อนวัตกรรมประเภทเอกสารสิ่งพิมพ์ที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการสอนของครูหรือประกอบการเรียนของนักเรียนที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งตามหลักสูตรเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูและนักเรียนให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

สรุปได้ว่า เอกสารประกอบการเรียนหรือเอกสารประกอบการสอนหรือเอกสารประกอบการเรียนการสอน หมายถึง เอกสารที่ผู้สอนจัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาใดวิชาหนึ่งตามหลักสูตรที่ใช้สอนในสถานศึกษา มีหัวข้อ เนื้อหาสาระที่ครอบคลุมหลักสูตรตรงตามคำอธิบายรายวิชาของวิชานั้น มีส่วนประกอบของเอกสารประกอบการเรียน เช่น กิจกรรม การวัด และประเมิน

## 2.2 ส่วนประกอบของเอกสารประกอบการเรียน

สุวิทย์ มูลคำ และสุนันทา สุนทรประเสริฐ (2550 : 40-42) กล่าวว่าเอกสารประกอบการเรียนไม่มีรูปแบบที่จำเพาะเจาะจง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ผลิตที่จะคำนึงถึงลักษณะการนำไปใช้และกลุ่มผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อความเหมาะสมและเป็นรูปแบบในแนวเดียวกัน จึงได้เสนอแนะส่วนประกอบของเอกสารประกอบการเรียนไว้ดังนี้

**2.2.1 ส่วนนำ** ควรมีส่วนประกอบดังนี้ ปกนอก ปกใน คำนำ สารบัญ คำชี้แจงหรือคำแนะนำในการใช้ จุดประสงค์รายวิชา

### 2.2.2 ส่วนเนื้อหา ประกอบด้วย

1. ชื่อบท หรือชื่อหน่วย หรือชื่อเรื่อง
2. หัวข้อเรื่องย่อย
3. จุดประสงค์การเรียนรู้
4. กิจกรรมหลัก
5. เนื้อหาโดยละเอียด หรือใบความรู้
6. กิจกรรมการปฏิบัติหรือใบงาน
7. บทสรุป (ถ้ามี)

**2.2.3 ส่วนอ้างอิง** อาจอยู่ส่วนท้ายของเนื้อหาในแต่ละตอน หรืออยู่ท้ายเล่มของเอกสาร ควรมีส่วนประกอบ คือ เอกสารอ้างอิงประจำบท หรือบรรณานุกรม ภาคผนวก (ถ้ามี) เช่น เฉลยแบบฝึกปฏิบัติ

วิเชียร ประยูรชาติ (2559 : 14) กล่าวถึงเอกสารประกอบการเรียนว่า มีส่วนประกอบ ดังนี้

1. ปก ใบนอกปก หน้าปกใน
2. คำนำ สารบัญ
3. เนื้อหา
4. บรรณานุกรม
5. ภาคผนวก

กล่าวได้ว่า ส่วนประกอบสำคัญของเอกสารประกอบการเรียนมี 3 ส่วน คือ

1. ส่วนนำ ประกอบด้วย ปกนอก ปกใน คำนำ สารบัญ คำชี้แจง
2. ส่วนเนื้อหา ประกอบด้วย
  - 2.1 ชื่อบท หรือหน่วย
  - 2.2 หัวข้อเรื่องย่อย
  - 2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

2.4 เนื้อหาสาระอย่างละเอียดในแต่ละหัวข้อเรื่องย่อย และสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2.5 กิจกรรม แบบฝึกหรือใบงาน

2.6 บทสรุป

3. ส่วนอ้างอิง ประกอบด้วย

3.1 ภาคผนวก

3.2 เฉลยกิจกรรม แบบฝึกหรือใบงาน

### 2.3 ขั้นตอนการเขียนเอกสารประกอบการเรียน

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ (2561 : 202-203) กล่าวว่า การจัดทำสื่อการสอนหรือนวัตกรรมการเรียนการสอนใดก็ตามจะต้องวิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุเพื่อใช้แก้ไขปัญหาก่อนจึงหาแนวทางการแก้ไขปัญหาค่าควรจะใช้นวัตกรรมใดจึงจะเหมาะสมในการแก้ปัญหาค่าควรพิจารณาจากนั้นจึงจะจัดทำนวัตกรรมในกรณีนี้ที่ผู้สอนเลือกที่จะผลิตเอกสารประกอบการเรียนหรือเอกสารประกอบการสอนหรือเอกสารประกอบการเรียนการสอน ควรดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

**2.3.1 ศึกษาหลักสูตร** วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ แล้ววิเคราะห์สาระการเรียนรู้ของรายวิชาที่สอนหรือรายวิชาที่จะจัดทำเอกสารประกอบการเรียน

**2.3.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา** คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชาของวิชาที่จะจัดทำเอกสารประกอบการเรียน

**2.3.3 วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาในประเด็นสำคัญ** แล้วนำไปจัดแยกเป็นเรื่อง/เป็นบท หัวข้อใหญ่ หัวข้อย่อย ตามลำดับ

**2.3.4 ออกแบบ** การจัดทำเอกสารประกอบการเรียนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายแล้วศึกษาวิธีการจัดทำเอกสารประกอบการเรียนรูปแบบต่าง ๆ จากสื่อต่าง ๆ ให้มีความเข้าใจกระจ่างชัดแล้วจึงกำหนดรูปแบบให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ คือ

1. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
2. เรื่อง หัวข้อใหญ่ หัวข้อย่อย
3. เนื้อหาสาระ
4. กรณีศึกษา ภาพ แผนภูมิ แผนผัง ประกอบเนื้อหาสาระ
5. กิจกรรม (เมื่อจบหัวข้อย่อยหรือเมื่อจบเรื่อง)
6. ใบงาน แบบฝึก แบบฝึกหัด แบบฝึกทักษะ
7. แบบทดสอบ



**2.3.5 ค้นคว้ารวบรวมข้อมูล** เนื้อหาสาระเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการเรียบเรียงรูปเนื้อหา โดยค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลสารสนเทศที่น่าเชื่อถือและมีความหลากหลาย

**2.3.6 เรียบเรียงเนื้อหาโดยเรียงลำดับตามหัวข้อที่กำหนด** คำนึงถึงวัยของผู้อ่านและมีการนำเสนอที่สร้างความสนใจให้ติดตามการอ่าน และเน้นทักษะการคิดซึ่งเป็นทักษะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา

**2.3.7 ส่งไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ** เพื่อให้คำแนะนำ ต่อจากนั้นนำมาปรับปรุงพัฒนาให้เอกสารประกอบการเรียนมีความสมบูรณ์

**2.3.8 นำเอกสารประกอบการเรียนไปทดลองใช้** โดยทดลองใช้ในห้องเรียนและบันทึกผลการทดลอง

**2.3.9 นำผลการทดลองมาปรับปรุงแก้ไข** ส่วนบกพร่องให้เอกสารสมบูรณ์

**2.3.10 นำไปใช้จริง** เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้

## 2.4 ประโยชน์ของเอกสารประกอบการเรียน

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ (2561 : 205) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของเอกสารประกอบการเรียนไว้ ดังนี้

**2.4.1 ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียน** โดยสามารถอ่านเอกสารประกอบการเรียนด้วยตนเองเพราะผู้สอนเรียบเรียงเนื้อหาสาระและออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของเอกสารประกอบการเรียน เช่น ภาพประกอบเนื้อหา กรณีสึกษาหรือตัวอย่าง และสำนวนภาษาได้เหมาะสมกับวัย เพราะผู้สอนย่อมเข้าใจธรรมชาติของผู้เรียน และจิตวิทยาการเรียนรู้ ทฤษฎีการเรียนรู้ เพื่อนำมาเป็นพื้นฐานในการจัดทำนวัตกรรมการเรียนการสอน

**2.4.2 ผู้เรียนมีความสนใจและกระตือรือร้น** การศึกษาหาความรู้จากเอกสารประกอบการเรียนเพราะเป็นสื่อที่นำไปสู่การเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ตามเป้าหมายของหลักสูตรมีเนื้อหาและกิจกรรมสอดคล้องกับการเรียนรู้ในห้องเรียนซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนั้นก็กิจกรรมต่าง ๆ ที่แทรกเข้ามาในบางส่วนของเอกสารประกอบการเรียนยังทำให้ผู้เรียนได้รับความเพลิดเพลินอีกด้วย

**2.4.3 ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการคิดสอดคล้อง** กับทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เพราะผู้สอนจะออกแบบโครงสร้างของเอกสารประกอบการเรียนที่เน้นการฝึกทักษะการคิดตามเป้าหมายของแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560-พ.ศ.2579 และสอดคล้องกับหลักสูตรในปัจจุบัน

**2.4.4 ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีนิสัยในการรักการอ่านและรู้จักแสวงหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้อื่น** หนังสืออื่น เป็นการต่อยอดการเรียนรู้จากเรื่องที่เรียนในชั้นเรียนและเอกสารประกอบการเรียนซึ่งผู้เรียนสนใจจะได้ความรู้ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นเป็นการสร้างคุณลักษณะใฝ่เรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน

**2.4.5 เอกสารประกอบการเรียนเป็นสื่อที่สามารถใช้อ่านได้ตลอดเวลา** ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน สะดวกต่อการพกพาไปในที่ต่าง ๆ และผู้เรียนบางคนต้องการอ่านหลาย ครั้ง เพื่อให้มีความกระจ่างชัดในเรื่องที่เรียน

**2.4.6 ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนดีขึ้น** เพราะนอกจากผู้เรียนได้รับความรู้จากผู้สอนและอ่านเฉพาะหนังสือเรียนแล้ว ยังได้อ่านเอกสารประกอบการเรียนมาเสริมย่อมทำให้ผู้เรียนสามารถทบทวนความรู้ได้ตรงจุดประสงค์ในแต่ละเรื่องที่เรียน เพราะในเอกสารประกอบการเรียนจะมีแบบฝึกหัดหรือแบบฝึกทักษะหรือใบงานหรือคำถามชวนคิดและแบบทดสอบเป็นการทบทวนหรือตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียน ถ้าผลลัพธ์ยังไม่บรรลุเป้าหมายผู้เรียนก็สามารถอ่านทบทวนและทำกิจกรรมเพิ่มได้อีกเป็นการเพิ่มความแม่นยำในสิ่งที่ต้องการเรียนรู้

**2.4.7 สามารถแทรกหรือปลูกฝังคุณธรรมจริยธรรมให้แก่ผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม** เพราะเป็นเอกสารที่สามารถขยายความหรือสาระของเรื่องที่เรียนเพื่อให้ผู้เรียนไม่มีความเครียดไม่เกิดความวิตกกังวล มีความเพลิดเพลินต่อเรื่องราวที่อ่าน

### 3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดการเรียนรู้

#### 3.1 ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์ (อ้างถึงใน ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2532 : 187) ได้กล่าวว่า แผนการสอนเป็นแผนที่กำหนดขั้นตอนการสอนที่ครุมุ่งหวังจะให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหาและประสบการณ์หน่วยใดหน่วยหนึ่งตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์ (อ้างถึงใน สงบ ลักษณะ. 2533 : 1) ได้ให้ความหมายของแผนการสอน คือ การนำวิชาหรือกลุ่มประสบการณ์ที่จะต้องทำแผนการสอนตลอดภาคเรียนมาสร้างเป็นแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอน การใช้สื่อ อุปกรณ์การสอน และการวัดผลประเมินผล โดยจัดเนื้อหาสาระและจุดประสงค์การเรียนรู้ย่อย ๆ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือจุดเน้นของหลักสูตรสภาพของผู้เรียน ความพร้อมของโรงเรียนในด้านวัสดุอุปกรณ์และตรงกับชีวิตจริงในโรงเรียน

วิวัฒนาพร ระงับทุกข์ (2543 : 17) ได้สรุปว่า แผนการสอน หมายถึง แผนการหรือโครงการที่จัดทำเป็นลายลักษณ์อักษรเพื่อใช้ในการปฏิบัติการสอนในรายวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นการเตรียมการสอนอย่างมีระบบ และเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ครูพัฒนาการจัดการเรียนการสอนไปสู่จุดประสงค์การเรียนรู้และจุดมุ่งหมายของหลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกรินทร์ สีมหาศาล (2555 : 409) กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้ (Lesson Plan) เป็นวัสดุหลักสูตรที่ควรพัฒนามาจากหน่วยการเรียนรู้ (UNIT PLAN) ที่กำหนดไว้เพื่อให้การจัดการสอบบรรลุเป้าประสงค์ตามมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตร หน่วยการเรียนรู้จึงเปรียบเสมือนโครงร่าง หรือพิมพ์เขียวที่กล่าวถึงประสบการณ์การเรียนรู้ตามหัวข้อการจัดการเรียนรู้และกระบวนการ

การวัดผลที่สอดคล้องสัมพันธ์กันส่วนแผนการเรียนรู้จะแสดงการจัดการเรียนรู้ตามบทเรียน (lesson) และประสบการณ์การเรียนรู้เป็นรายวัน หรือรายสัปดาห์ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้ จึงเป็นเครื่องมือหรือแนวทางในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนตามกำหนดไว้ในสาระการเรียนรู้ของแต่ละกลุ่ม

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2556 : 213) ได้กล่าวถึงคำว่า แผนการจัดการเรียนรู้หรือแผนการเรียนรู้ เป็นคำใหม่ที่นำมาใช้ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เหตุที่ใช้คำ “แผนการจัดการเรียนรู้” แทนคำ “แผนการสอน” เพราะต้องการให้ผู้สอนมุ่งจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการศึกษาที่บ่งไว้ในมาตรา 22 ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2544 ที่กล่าวไว้ว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุด”

สุวิทย์ มูลคำ (2549 : 58) ได้ให้ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการเตรียมการสอนหรือกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ล่วงหน้าอย่างเป็นระบบและจัดทำไว้เป็นลายลักษณ์อักษร โดยมีการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ มากำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

กรมวิชาการ (2556 : 1-2) ได้ให้ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง แผนซึ่งครูเตรียมการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียน โดยวางแผนการจัดการเรียนรู้ แผนการใช้สื่อการเรียนรู้หรือแหล่งเรียนรู้ แผนการวัดผลประเมินผลโดยการวิเคราะห์จากคำอธิบายรายวิชาหรือหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งยึดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและสาระการเรียนรู้ที่กำหนดอันสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น

กล่าวโดยสรุป แผนการจัดการเรียนรู้ เดิมเรียกว่า แผนการสอน หมายถึง การวางแผนการจัดการเรียนการสอนที่ผู้สอนจัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง โดยกำหนดสาระสำคัญ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้หรือแหล่งการเรียนรู้ ตลอดจนการวัดผลและการประเมินผลให้ชัดเจน

### 3.2 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

สำนักงานคณะกรรมการประถมศึกษาแห่งชาติ (ม.ป.ป. : 130-153) ได้ทำการสรุปองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความสมบูรณ์ ครูผู้สอนควรเตรียมการสอนไว้ล่วงหน้า แผนการจัดการเรียนรู้โดยทั่วไปมักจะมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

#### 3.2.1 ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์หลักสูตรและการวิเคราะห์นักเรียน

1. เนื้อหาหลักสูตร (สาระสำคัญ)
2. กำหนดจุดประสงค์ของหลักสูตร

3. กำหนดตารางการจัดการเรียนการสอน
4. การวิเคราะห์พฤติกรรมนักเรียนทุกด้าน ได้แก่ ร่างกาย อารมณ์ สังคมและสติปัญญา

### 3.2.2 ส่วนที่ 2 องค์ความรู้ในการจัดการเรียนการสอน

1. ด้านทักษะ/กระบวนการในการสอน
2. ด้านพฤติกรรมของนักเรียน
3. ด้านเทคนิควิธีการในการจัดการเรียนการสอน
4. ด้านการผลิต การใช้สื่อการเรียนรู้และนวัตกรรม

### 3.2.3 ส่วนที่ 3 รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้

1. จุดประสงค์
2. เนื้อหาสาระ
3. กิจกรรม
4. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้
5. การวัดผลและประเมินผล
6. รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อสนับสนุนแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์

ท้ายแผนทุกแผน

### 3.3 ลักษณะที่ดีของแผนการจัดการเรียนรู้

สมนึก ภัททิยธานี (2546 : 5) ได้กล่าวถึงลักษณะที่ดีของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. เนื้อหาต้องเขียนเป็นรายคาบหรือรายชั่วโมงตารางสอน โดยจะต้องเขียนให้สอดคล้องกับชื่อเรื่องให้อยู่ในโครงการสอน และเขียนเฉพาะเนื้อหาสาระสำคัญพอสังเขป
2. ความคิดรวบยอด (Cencept) หรือหลักการสำคัญ ต้องเขียนให้ตรงกับเนื้อหาที่จะสอน ส่วนนี้ถือว่าเป็นหัวใจของเรื่อง ครูต้องทำความเข้าใจในเนื้อหาที่จะสอนจนสามารถเขียนความคิดรวบยอดได้อย่างมีคุณภาพ
3. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ต้องเขียนให้สอดคล้อง กลมกลืนกับความคิดรวบยอด มิใช่เขียนตามอำเภอใจ สมองหรือการพัฒนาของนักเรียนจะไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร
4. กิจกรรมการเรียนการสอน โดยยึดเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้
5. สื่อที่ใช้ควรเลือกให้สอดคล้องกับเนื้อหา สื่อดังกล่าวต้องช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในหลักการได้ง่าย

6. วัดผลโดยคำนึงถึงเนื้อหา ความคิดรวบยอด จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและ ช่วงที่ทำการวัด (ก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน) เพื่อตรวจสอบว่าการสอนของครูบรรลุวัตถุประสงค์ จุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้หรือไม่

กรมวิชาการ (2556 : 12-13) ได้สรุปถึงลักษณะที่ดีของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ว่า ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ในการสอนเรื่องนั้น ต้องการให้ผู้เรียนบังเกิดคุณสมบัติอย่างไร นั่นคือ จุดประสงค์การเรียนรู้ต้องมีความชัดเจน
2. ผู้เรียนจะต้องทำอะไรจึงจะบรรลุผลนั้น นั่นคือ กิจกรรมการเรียนการสอน ควรนำไปสู่ผลการเรียนการสอนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้จริง
3. ครูควรมีบทบาทอย่างไร นั่นคือ ระบุพฤติกรรมครูให้ชัดเจนในการอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้
4. จะใช้สื่อการเรียนรู้หรืออุปกรณ์อะไรช่วยบ้าง ใช้อย่างไร นั่นคือ ลำดับของ สื่อการเรียนรู้เรียงจากคุณค่ามากไปหาคุณค่าน้อย คือ ของจริง สัญลักษณ์ทางภาษา

กล่าวโดยสรุป แผนการจัดการเรียนรู้ที่ดี ควรมีลักษณะ 4 ประการ ดังต่อไปนี้

1. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้ได้ลงมือปฏิบัติให้มากที่สุด โดยครูเป็นเพียงผู้คอยชี้แนะหรือชี้แนะ ส่งเสริมหรือกระตุ้นให้กิจกรรมที่ผู้เรียนดำเนินการ เป็นไปตามความมุ่งหมาย
2. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นพบคำตอบหรือทำสำเร็จด้วยตนเอง โดยครูพยายามลดบทบาทจากผู้บอกคำตอบ มาเป็นผู้คอยกระตุ้น ด้วยคำถามหรือปัญหาให้ผู้เรียนคิดแก้หรือหาแนวทางไปสู่ความสำเร็จในการทำกิจกรรมเอง
3. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะ/กระบวนการ มุ่งให้ผู้เรียนรับรู้และ นำกระบวนการไปใช้งานจริง
4. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและใช้วัสดุอุปกรณ์ ที่สามารถจัดทำในท้องถิ่น

### 3.4 ประโยชน์ของแผนการจัดการเรียนรู้

ศรินทิพย์ ภู่อาลี (2542 : 213-214) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. ทำให้ครูดำเนินการสอนอย่างมีประสิทธิภาพเพราะรู้เป้าหมายของการสอน ทำให้สอนได้ด้วยความมั่นใจ จัดกิจกรรมได้เหมาะสมกับเวลา ผู้เรียนและจำนวนนักเรียน

2. ผู้เรียนได้รับการส่งเสริมการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน ทำให้ครูทราบปัญหาของการสอนและสามารถปรับปรุงการสอนได้ดีขึ้นต่อไปได้

3. ช่วยให้ครูมีคู่มือในการที่จะใช้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ครบถ้วน

4. ให้เป็นคู่มือสำหรับครูที่จะมาสอนแทน

5. ใช้เป็นหลักฐานเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนที่ถูกต้องและเที่ยงตรง เพื่อแสดงต่อบุคลากรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้บริหาร ศึกษาพิเศษ เป็นต้น

สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์ (2548 : 77) กล่าวถึงประโยชน์ของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ผู้สอนสามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามลำดับขั้นตอนไม่สับสน

2. ผู้สอนดำเนินการสอนตามเนื้อหาได้ตรงตามหลักสูตร

3. ช่วยให้การเรียนรู้ประสบผลสำเร็จด้วยดีและมีประสิทธิภาพ

4. ผู้สอนมีความมั่นใจและความชำนาญในการสอน

5. ผู้สอนสามารถเลือกปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกิจกรรมได้ง่ายและเหมาะสมกับ

ผู้เรียน

6. ช่วยประหยัดเวลาแก่ครูผู้สอนในการเรียนการสอน

7. ช่วยให้ครูผู้สอนมีเวลาในการจัดทำหรือจัดหาสื่อการเรียนรู้

8. อำนวยความสะดวกให้แก่ครูที่จะต้องไปสอนแทนครูที่ไม่สามารถสอนเองได้

9. ช่วยให้การนิเทศการสอนสะดวกขึ้น

กล่าวโดยสรุป แผนการจัดการเรียนรู้เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง เพราะการที่จะจัดการเรียนการสอนให้บรรลุเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องมีการวางแผนล่วงหน้าก่อนเสมอ ดังนั้นทางฝ่ายวิชาการของโรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ ซึ่งผู้วิจัยมีส่วนรับผิดชอบในฐานะครูผู้สอน จึงจัดทำรูปแบบการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ของโรงเรียนวัดวังริบุญเลิศขึ้น เพื่อใช้ปฏิบัติเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีรูปแบบดังนี้

1. มาตรฐานการเรียนรู้

2. ตัวชี้วัด

3. สาระสำคัญ

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

7. สาระการเรียนรู้

8. กิจกรรมการเรียนรู้

9. สื่อหรือแหล่งการเรียนรู้
10. การวัดและประเมินผล
11. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

#### 4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนที่ใช้โครงการเป็นฐาน

##### 4.1 ประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ที่ยึดโครงการเป็นฐาน

บุบผา เรืองรอง (2556 : ออนไลน์) การจัดการเรียนการสอนแบบโครงการ ได้เริ่มในประเทศสหรัฐอเมริกา ช่วงศตวรรษที่ 19-20 เป็นความคิดริเริ่มของ William Heard Kilpatrick เป็นนักการศึกษาอเมริกัน ซึ่งพัฒนามาจากแนวคิดของ John Dewey เรื่อง “Learning by doing” ซึ่งได้กล่าวว่า “Education is a process of living and not a preparation for future living.” (Dewey John, 1897: 79 cite in Douladeli Efstratia, 2014) ซึ่งเป็นการเน้นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ชีวิตในขณะที่เรียนเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะ ที่สนับสนุนให้เด็กเกิดความตระหนักในชุมชน นำมาประยุกต์ สอนเด็กถึงวิธีการใช้โครงการที่เกี่ยวกับประสบการณ์จริง ให้เป็นรากฐานสำคัญของการศึกษามากกว่าการเตรียมเด็กเพื่ออนาคต ซึ่งสอดคล้องกับหลักพัฒนาการคิดของ Bloom ทั้ง 6 ชั้น คือ ความรู้ความจำ (Remembering) ความเข้าใจ (understanding) การประยุกต์ใช้ (Applying) การวิเคราะห์ (Analyzing) การประเมินค่า (Evaluating) และการคิดสร้างสรรค์ (Creating)

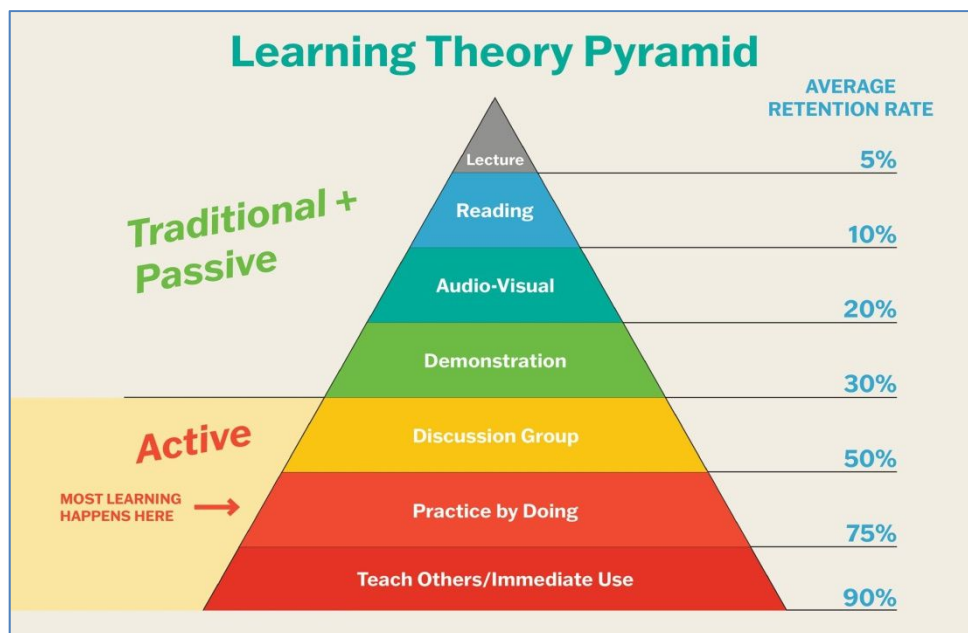
ในช่วงปี ค.ศ.1934 Lucy Sprague Mitchell นักการศึกษาจาก The Bank Street College Of Education นครนิวยอร์ก ออกศึกษาสิ่งแวดล้อมและสอนครูให้รู้จักวิธีการใช้โครงการ ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่พัฒนาโดยวิทยาลัยการศึกษาแบงค์สตรีท มีส่วนคล้ายคลึงกันอย่างมากกับการสอนแบบโครงการ ผลการทดลองใช้พบว่าเด็กเรียนรู้ได้ดีจากการวางแผนทำงานร่วมกัน ได้ตัดสินใจ และเรียนรู้ในสิ่งที่ต้องการเรียน ผลการเรียนรู้ส่งเสริมศักยภาพของเด็กทุกด้าน ต่อมาในปี ค.ศ.1945 หลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 ใน Villa Cella ซึ่งเป็นหมู่บ้านเล็ก ๆ ที่อยู่ห่างจากเมือง Reggio Emilia 2-3 ไมล์ แม่บ้านกลุ่มหนึ่งได้ทำการร่วมมือกับ Malaguzzi นักการศึกษาและกลุ่มผู้ปกครองได้ทำการจัดการศึกษาให้เหมาะกับเด็กที่มีชีวิตอยู่ท่ามกลางบ้านเรือนที่มีซากปรักหักพัง เพราะผลจากสงครามโลก และทำการศึกษาค้นคว้าทฤษฎี แล้ววิเคราะห์ สะท้อนผลการปฏิบัติ ทำการปรับปรุงจนได้แนวคิดและการปฏิบัติในการจัดประสบการณ์เรียนรู้สำหรับเด็กปฐมวัยและประสบผลสำเร็จจนเป็นที่รู้จักในกลุ่มยุโรป อเมริกาเหนือและอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ.1980 Reggio Emilia ได้กลายเป็นชื่อของแนวคิดในการจัดการศึกษาสำหรับเด็กปฐมวัย และการเรียนรู้อย่างลุ่มลึกจากงานของโครงการ (Projects) ซึ่งถือเป็นกิจกรรมการสอนที่โดดเด่นในโรงเรียนตามแนวคิด Reggio Emilia การจัดประสบการณ์แบบโครงการ ได้รับการพัฒนารูปแบบให้ชัดเจนขึ้นโดย Katz ชาวอเมริกา และ Chard

ชาวแคนาดา ที่ได้ไปศึกษาดูงานการจัดการเรียนการสอน Project Approach จากโรงเรียนก่อนประถมศึกษาในเมือง Reggio Emilia ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศอิตาลี และทั้งสองก็ได้พิมพ์เผยแพร่หนังสือชื่อว่า Engaging Children, s Mind : The Project Approach ซึ่งหนังสือเล่มนี้ ได้เป็นแนวทางในการจัดประสบการณ์แบบโครงการในระยะต่อมา

ทศนา แคมมณี (2548) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้แบบโครงการนี้ยึดหลักการของ constructionism ซึ่งพัฒนาต่อยอดจากทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ของเปียเจต์ (Piaget) โดยศาสตราจารย์เซมัวร์เพปเพิร์ต (Seymour Papert) ซึ่งเป็นผู้นำเสนอการใช้สื่อทางเทคโนโลยีช่วยในการสร้างความรู้ที่เป็นรูปธรรมแก่ผู้เรียน โดยอาศัยพลังความรู้ของตัวผู้เรียนเองและเมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งหนึ่งสิ่งใดขึ้นมา ก็จะเสมือนเป็นการสร้างความรู้ขึ้นในตัวเองนั่นเอง ความรู้ที่ถูกสร้างขึ้นเองนี้มีความหมายต่อผู้เรียนมาก เพราะจะเป็นความรู้ที่อยู่คงทนไม่เสื่อมง่าย ขณะเดียวกันสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตัวเองได้ดี นอกจากนี้ความรู้ที่สร้างขึ้นเองนี้ยังจะเป็นฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

ทฤษฎี constructionism มีสาระสำคัญที่กล่าวถึงว่า ความรู้ไม่ใช่เกิดจากผู้สอนเพียงอย่างเดียว แต่สามารถสร้างขึ้นโดยผู้เรียนเอง และการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อผู้เรียนลงมือกระทำด้วยตนเอง (Learning by Doing) ซึ่งการลงมือกระทำนี้ ไม่เพียงแต่ได้รับความรู้ใหม่ด้วยตนเองแล้ว แต่ยังสามารถเก็บข้อมูลของสิ่งแวดล้อมเข้าไปเป็นโครงสร้างของสมองตนเอง ในขณะเดียวกันก็สามารถนำความรู้เดิมที่มีอยู่ไปปรับให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายนอกได้ และจะเกิดเป็นวงจรเช่นนี้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การลงมือกระทำด้วยตนเองจะสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างความรู้เก่าและความรู้ใหม่ สร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ขึ้นมา ซึ่งทั้งหมดจะอยู่ภายใต้ประสบการณ์และบรรยากาศที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ โดยยึดหลักคิดที่ว่า “การเรียนรู้ที่ดีไม่ได้มาจากการหาวิธีการสอนที่ดีแก่ผู้สอน แต่มาจากการให้โอกาสที่ดีแก่ผู้เรียนในการสร้าง” (Better learning will not come from finding better ways for the teacher to instruct, but from giving the learner better opportunities to construct)





ภาพที่ 1 Learning Pyramid  
ที่มา : VSA Future (2560 : ออนไลน์)

ปิรามิดแห่งการเรียนรู้ (Learning Pyramid) เป็นการนำเสนอการเรียนรู้ของบุคคลซึ่งตีพิมพ์ในวารสาร Harvard Business Review แสดงให้เห็นร้อยละของการจัดกิจกรรมที่ต่างกัน แต่ละอย่างโดยกิจกรรมที่ต่างกันจะทำให้เราจดจำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ต่างกัน การเรียนในห้องเรียน (Lecture) นิ่งฟังบรรยายจะจำได้เพียง 5% การอ่านด้วยตนเอง (Reading) จะจำได้เพิ่มขึ้นเป็น 10% การฟังและได้เห็น (Audio - visual) เช่น การดูโทรทัศน์ ฟังวิทยุ จำได้ 20% การได้เห็นจากตัวอย่าง (Demonstration) จะช่วยให้จำได้เป็น 30% การได้แลกเปลี่ยนโดยพูดคุยกัน (Discussion) เช่น การพูดคุยแลกเปลี่ยนความรู้กันในกลุ่มจะช่วยให้จำได้ถึง 50% การได้ลงมือทดลองปฏิบัติเอง (Practice doing) จะจำได้ถึง 75% การได้สอนผู้อื่น (Teaching) เช่นการติวหรือการสอนจะช่วยให้จำได้มากถึง 90%

แต่หากมองเป็นกลุ่มจะแบ่งได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มแรกใช้ชื่อว่า Traditional passive ซึ่งประกอบด้วย การบรรยาย การอ่าน การได้ดูและได้ยินเสียง การสาธิต ทำให้ดูกลุ่มแรกเป็นการเรียนรู้ที่เริ่มจากคนอื่นแล้วนำมาให้เราแบบ outside-in หรือเป็น 3 วิธีที่คนเข้าใจเรื่องนี้ นำความรู้เรื่องนั้นเอามาถ่ายทอดให้เราคล้าย ๆ การเรียนสิ่งที่ตกผลึก วิเคราะห์มาแล้วระดับหนึ่ง ผู้เรียนเป็นผู้รับรู้มากกว่าแบบ Inductive learning ส่วนกลุ่มที่ 2 ใช้คำว่า Teaming Active ซึ่งจะประกอบด้วย การพูดคุยกันในกลุ่มย่อย การลงมือปฏิบัติและการได้ถ่ายทอดสิ่งที่ทำได้ให้คนอื่นเป็นการเรียนรู้ที่ต้องทำความเข้าใจด้วยตนเอง แล้วสะท้อนออกมาด้วยการปฏิบัติเป็นการเรียนแบบเข้าใจข้างในตัว

เราเองก่อนแล้วถึงจะถ่ายทอดให้คนอื่นหรืออีกนัยหนึ่งเป็นการเรียนแบบค่อย ๆ ตกผลึกในสิ่งที่เห็น  
 สิ่งที่เกิดขึ้นแล้วมาปะติดปะต่อเป็นแนวคิดหรือหลักการ เป็นการเรียนแบบ Deductive Learning  
 กลุ่มหลังนี้ได้ข้อสรุปว่า มีประสิทธิภาพของการเรียนรู้ดีกว่า หมายถึงระดับความลึกของการเข้าใจ  
 ในเรื่องใด เรื่องหนึ่งในระดับที่ลึกกว่า

#### 4.2 ความหมายของโครงการ

นักวิชาการจำนวนมากมีการใช้คำที่หลากหลายจากความหมายของ Project based Learning คือ การเรียนการสอนแบบโครงการ การจัดการเรียนรู้แบบโครงการ การสอนแบบโครงการ โดยนักวิชาการแต่ละท่านได้ให้ความหมายคำว่า โครงการ ไว้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ดังนี้

ลัดดา ภูเกียรติ (2552 : 2) ให้ความหมายไว้ว่า โครงการเป็นการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับ  
 สิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหลาย ๆ สิ่งที่ยากู้คำตอบให้ลึกซึ้งหรือเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ให้มากขึ้น โดยเลือกใช้  
 กระบวนการ วิธีการอย่างมีระบบเป็นขั้นตอน มีการวางแผนในการศึกษาอย่างละเอียด ปฏิบัติงาน  
 ตามแผนที่ได้วางไว้จนได้ข้อสรุป หรือผลสรุปที่เป็นคำตอบในเรื่องนั้น ๆ

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์ (2545 : 30-33) ให้ความหมายไว้ว่า โครงการ หมายถึง  
 กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติอย่างเป็นระบบ เพื่อสร้างองค์ความรู้ หรือแก้ปัญหา  
 โดยการศึกษาค้นคว้า ทดลองตามขั้นตอน และส่วนประกอบของโครงการ

ทศนา แชมมณี (2548 : 139) ได้ให้ความหมายโครงการไว้ว่า เป็นการจัดสภาพการณ์  
 ของการเรียนการสอน โดยให้ผู้เรียนได้ร่วมกันเลือกทำโครงการที่ตนสนใจ โดยร่วมกันสำรวจสังเกต  
 และกำหนดเรื่องที่ตนสนใจ วางแผนในการทำโครงการร่วมกัน ศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็น และลง  
 มือปฏิบัติงานตามแผนงานที่วางไว้จนได้ข้อค้นพบ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ แล้วจึงเขียนรายงานและ  
 นำเสนอต่อสาธารณชน เก็บข้อมูล แล้วนำผลงานและประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปรายแลกเปลี่ยน  
 ความรู้ ความคิดเห็น และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ทั้งหมด

ศุขฉวี โยเหลาและคณะ (2557 : 19-20) ได้ให้ความหมาย การจัดการเรียนรู้แบบใช้  
 โครงการเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีครูเป็นผู้กระตุ้นเพื่อนำความสนใจที่เกิดจากตัว  
 นักเรียนมาใช้ในการทำกิจกรรมค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง นำไปสู่การเพิ่มความรู้ที่ได้จาก  
 การลงมือปฏิบัติ การฟังและการสังเกตจากผู้เชี่ยวชาญ โดยนักเรียนมีการเรียนรู้ผ่านกระบวนการ  
 ทำงานเป็นกลุ่มที่จะนำมาสู่การสรุปความรู้ใหม่ มีการเขียนกระบวนการจัดทำโครงการและได้ผล  
 การจัดกิจกรรมเป็นผลงานแบบรูปธรรม

วิวัฒนา มัคคสมัน (2554) กล่าวว่า การสอนแบบโครงการคือการที่เด็กเป็นรายบุคคล  
 หรือเป็นกลุ่ม ศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งจากความสนใจของเด็กเองอย่างลุ่มลึกลงไปในเรื่องละเอียดยของ  
 เรื่องนั้นด้วยกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือ  
 กระบวนการอื่นใดด้วยตัวเองจนพบคำตอบที่ต้องการ

วัชรินทร์ โพธิ์เงิน และคณะ (2557) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงการ (Project Based Learning) เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต สอดคล้องกับหลักของทฤษฎีการเรียนรู้ constructivism, constructionism และการเรียนรู้แบบร่วมมือ (cooperative learning) ซึ่งมีขั้นตอนการเรียนรู้ที่เริ่มจากการแสวงหาความรู้ กระบวนการคิด และทักษะในการแก้ปัญหาไว้ในรูปแบบการเรียนรู้

บุบผา เรืองรอง (2556) กล่าวว่า การสอนแบบโครงการ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งซึ่งให้ความสำคัญกับเด็กส่งเสริมให้เด็กแสวงหาคำตอบจากการเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างลุ่มลึกเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยที่เด็กหรือครูร่วมกันกำหนดเรื่องที่ต้องการเรียนรู้ แล้วดำเนินการแสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการแก้ปัญหา โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้เด็กเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงและจากแหล่งเรียนรู้

Barell (2010) กล่าวว่า Project Based Learning เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่นักเรียนได้แก้ปัญหาที่แท้จริง และปัญหาที่พวกเขาพบ เป็นสิ่งที่มีความหมาย สามารถตรวจสอบแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่นักเรียนต้องทำงานร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้น

Blank (1997) กล่าวว่า การเรียนการสอนตามโครงการเป็นรูปแบบการเรียนการสอนจริงหรือกลยุทธ์ในการวางแผนที่นักเรียนสามารถนำไปใช้และสามารถประเมินผลโครงการที่มีจากการใช้งานจริงในแหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียน

Thomas (2000) กล่าวว่า PBL เป็นศูนย์กลางไม่เกี่ยวข้องหรือเชื่อมโยงกับหลักสูตร PBL ให้ความสำคัญกับการสร้างคำถามหรือปัญหาที่พบ นักเรียนที่จะค้นพบแนวคิดและหลักการของระเบียบวิธีการดำเนินการด้วยตนเอง การทำโครงการจะให้นักเรียนเกิดความคิดที่สร้างสรรค์ โครงการจะมีนัยสำคัญบอกความเคลื่อนไหวของงาน โครงการจะมีความเป็นจริงไม่เหมือนการเรียนในโรงเรียน

Wurdinger and other (2007 อ้างถึงใน ประสาท เนืองเฉลิม. 2558) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบโครงการ (Project-based Learning) เป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดและศักยภาพการแก้ปัญหา โดยที่ผู้เรียนช่วยกันคิดและร่วมแรงแข่งขันกันทำงาน ผึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้เรียนเริ่มแรกต้องเรียนรู้ร่วมกันด้วยการจำแนกประเด็นปัญหา การพัฒนาแผน/แนวทางการพัฒนา การทดสอบเพื่อพิสูจน์ความคิดของกลุ่ม และการสะท้อนความคิดหลังจากที่ได้ปฏิบัติแล้ว การเรียนรู้แบบนี้เน้นกระบวนการออกแบบและจัดทำสิ่งต่าง ๆ ในลักษณะของโครงการ

จากความหมายของโครงการที่กล่าวมาข้างต้น กล่าวโดยสรุป โครงการ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติค้นคว้าความรู้อย่างมีระบบและขั้นตอน ผู้เรียนได้เลือกเรียนในสิ่งที่ตนเองสนใจ และถนัด โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ภายใต้คำปรึกษา

แนะนำจากครูผู้สอน สามารถใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย สามารถนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตจริงได้ และให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข

### 4.3 ลักษณะเด่นของโครงการงาน

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจมาก ในปัจจุบัน แมคโดนัล (McDonell. 2007) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานเป็น รูปแบบหนึ่งของการเรียนการสอนแบบเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Child Centered Approach) ที่เปิด โอกาสให้นักเรียนได้ทำงานตามระดับทักษะที่ตนเองมีอยู่ เป็นเรื่องที่น่าสนใจและรู้สึกสบายใจที่จะทำ นักเรียนได้รับสิทธิในการเลือกว่าจะตั้งคำถามอะไร และต้องการผลผลิตอะไรจากการทำงานชิ้นนี้ โดย ครูทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนอุปกรณ์และจัดประสบการณ์ให้แก่ นักเรียน สนับสนุนการแก้ไขปัญหาและ สร้างแรงจูงใจให้แก่ นักเรียน โดยลักษณะของการเรียนรู้แบบโครงงาน มีดังนี้

1. นักเรียนกำหนดการเรียนรู้ของตนเอง
2. เชื่อมโยงกับชีวิตจริง สิ่งแวดล้อมจริง
3. มีฐานจากการวิจัย หรือ องค์ความรู้ที่เคยมี
4. ใช้แหล่งข้อมูล หลายแหล่ง
5. ผังตรงด้วยความรู้และทักษะบางอย่าง (embedded with knowledge and skills)
6. ใช้เวลามากพอในการสร้างผลงาน
7. มีผลผลิต

### 4.4 การเตรียมตัวของครูก่อนการจัดการเรียนรู้

ในการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้ง ครูจะต้องเป็นผู้ที่มีความพร้อมและมีความแม่นยำใน เนื้อหาเพื่อให้การจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างราบรื่นและสามารถอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเกิด การเรียนรู้ได้ขณะกิจกรรมซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว มีแนวทางสำหรับในการจัดการเรียนรู้ 2 รูปแบบ คือ การจัดกิจกรรมตามความสนใจของผู้เรียน และการจัดกิจกรรมตามสาระการเรียนรู้

**4.4.1 การจัดกิจกรรมตามความสนใจของผู้เรียน** เป็นการจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียน เลือกศึกษาโครงงานจากสิ่งที่น่าสนใจอย่างรู้ที่มีอยู่ในชีวิตประจำวันสิ่งแวดล้อมในสังคมหรือจาก ประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ยังต้องการคำตอบ ข้อสรุป ซึ่งอาจจะอยู่นอกเหนือจากสาระการเรียนรู้ใน บทเรียนของหลักสูตร มีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบ วิเคราะห์ พิจารณา รวบรวม ความสนใจ ของผู้เรียน
2. กำหนดประเด็นปัญหาหรือหัวข้อเรื่อง
3. กำหนดวัตถุประสงค์
4. ตั้งสมมติฐาน

5. กำหนดวิธีการศึกษาและแหล่งความรู้
6. กำหนดเค้าโครงของโครงการ
7. ตรวจสอบสมมติฐาน
8. สรุปผลการศึกษาและการนำไปใช้
9. เขียนรายงานวิจัยแบบง่าย ๆ
10. จัดแสดงผลงาน

#### 4.4.2 การจัดกิจกรรมตามสาระการเรียนรู้ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยยึด

เนื้อหาสาระตามที่หลักสูตรกำหนด ผู้เรียนเลือกทำโครงการตามที่สาระการเรียนรู้ จากหน่วยเนื้อหาที่เรียนในชั้นเรียนนำมาเป็นหัวข้อโครงการ มีขั้นตอนที่ผู้สอนดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสาร หลักสูตร คู่มือครู
2. วิเคราะห์หลักสูตร
3. วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา เพื่อแยกเนื้อหา จุดประสงค์และจัดกิจกรรมให้

เด่นชัด

4. จัดทำกำหนดการสอน
5. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้
6. ผลิตสื่อ จัดหาแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่น
7. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเริ่มตั้งแต่แจ้งวัตถุประสงค์กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน จัดกลุ่มผู้เรียนตามความสนใจ การใช้คำถามกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อ บทบาทของครูในฐานะผู้กระตุ้นการเรียนรู้
8. จัดแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม
9. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

#### 4.5 การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานนั้น มีกระบวนการและขั้นตอนแตกต่างกันไปตามแต่ละทฤษฎี โดยมีนักวิชาการได้อธิบายองค์ประกอบ การออกแบบ การวางแผน ลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนที่สำคัญในการทำโครงงาน ดังนี้

Stix and Frank (2006) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสอนแบบโครงงานมี 9 ขั้นตอน คือ

1. การกำหนดตั้งประเด็นที่สนใจจากโครงงาน
2. การออกแบบโครงงาน
3. การอธิบาย รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็น
4. การสร้างเกณฑ์การประเมินที่เหมาะสม
5. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการทำโครงงาน

6. การสร้างโครงงาน
7. การเตรียมนำเสนอโครงงาน
8. การนำเสนอโครงงาน
9. สะท้อนผลกระบวนการและผลการประเมิน

**Harun (2006)** อธิบายขั้นตอนการเรียนรู้แบบโครงงานไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา
- ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผน
- ขั้นที่ 3 ออกแบบตารางการทำงาน
- ขั้นที่ 4 ตรวจสอบความก้าวหน้าของโครงงาน
- ขั้นที่ 5 การนำเสนอรายงานผล
- ขั้นที่ 6 การประเมินผล

**KM CHILL (2015)** ได้อธิบายขั้นตอนที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ดังนี้

**STEP 1** การเตรียมความพร้อม ครูเตรียมมอบหมายโครงงานโดยระบุในแผนการสอนในชั้นเรียน ครูอาจกำหนดขอบเขตของโครงงานอย่างกว้าง ๆ ให้สอดคล้องกับรายวิชาหรือความถนัดของนักเรียน และเตรียมแหล่งเรียนรู้ ข้อมูลตัวอย่างเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม สามารถใช้เว็บไซต์หรือโปรแกรม model ในการ update1 ข้อมูลแหล่งเรียนรู้และการกำหนดนัดหมายต่าง ๆ เกี่ยวกับการดำเนินโครงงานได้

**STEP 2** การคิดและเลือกหัวข้อให้นักเรียนเป็นผู้สร้างทางเลือกในการออกแบบโครงงานเอง เพื่อเปิดโอกาสให้รู้จักการค้นคว้าและสร้างสรรค์ความรู้เชิงนวัตกรรม ครูอาจจะให้ผู้เรียนทาบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องก่อนเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกหัวข้อ การทำงานเป็นทีม กระตุ้นให้เกิด brain storm จะทำให้เกิดทักษะ ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ ทักษะการสื่อสารและทักษะการสร้างความร่วมมือ

**STEP 3** การเขียนเค้าโครง การเขียนเค้าโครงของโครงงานเป็นการสร้าง mind map แสดงแนวคิด แผน และขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องมองเห็นภาระงาน บทบาทและระยะเวลาในการดำเนินงานทำให้สามารถปฏิบัติโครงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

**STEP 4** การปฏิบัติโครงงานนักเรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ในเค้าโครงของโครงงาน ถ้ามีการวางเค้าโครงเอาไว้แล้ว นักเรียนจะารู้เองว่าจะต้องทำอะไร ในขั้นตอนต่อไป โดยไม่ต้องรอถามครูในระหว่างการทำโครงการ ครูผู้สอนอาจมีการให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิดหรือร่วมแก้ปัญหาไปพร้อม ๆ กับนักเรียน

**STEP 5** การนำเสนอโครงการงาน นักเรียนสรุปรายงานผล โดยการเขียนรายงาน หรือการนำเสนอในรูปแบบอื่น ๆ เช่น แผ่นพับ โปสเตอร์จัดนิทรรศการรายงานหน้าชั้น ส่งงานทาง เว็บไซต์หรืออีเมล ถ้ามีการประกวดหรือแข่งขันด้วยจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นมากขึ้น

**STEP 6** การประเมินผลโครงการงาน การประเมินโครงการงานควรมีการประเมินผล การเรียนรู้โดยหลากหลาย (multi evaluation) เช่น นักเรียนประเมินตนเอง ประเมินซึ่งกันและกัน ประเมินจากบุคคลภายนอก การประเมินจะไม่วัดเฉพาะความรู้หรือผลงานสุดท้ายเพียงอย่างเดียว แต่ จะวัดกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลงานด้วย การประเมินโดยครูหลายคนจะเป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์และ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างครูด้วยกันอีกด้วย

**ดุขฎฐฎ โยเลลา และคณะ (2557)** เป็นการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ โครงการงานเป็นฐาน ที่ปรับจากการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบ PBL ที่ได้จากโครงการสร้างชุดความรู้ เพื่อสร้างเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของเด็กและเยาวชน: จากประสบการณ์ความสำเร็จของ โรงเรียนไทย โดยมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงการงานเป็นฐาน

(ปรับปรุงจาก ดุขฎฐฎ โยเลลาและคณะ, 2557: 20-23)

ที่มา : COACHING & MENTORING (2559 : ออนไลน์)

**1. ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน** ครูให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำโครงการก่อน การเรียนรู้ เนื่องจากการทำโครงการมีรูปแบบและขั้นตอนที่ชัดเจนและรัดกุม ดังนั้นนักเรียนจึงมีความ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงการไว้เป็นพื้นฐาน เพื่อใช้ในการปฏิบัติขณะทำงาน โครงการจริง ในขั้นแสวงหาความรู้

**2. ขั้นกระตุ้นความสนใจ** ครูเตรียมกิจกรรมที่จะกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยต้องคิดหรือเตรียมกิจกรรมที่ดึงดูดให้นักเรียนสนใจ ใฝ่รู้ ถึงความสนุกสนานในการทำโครงการหรือกิจกรรมร่วมกัน โดยกิจกรรมนั้นอาจเป็นกิจกรรมที่ครูกำหนดขึ้น หรืออาจเป็นกิจกรรมที่นักเรียนมีความสนใจต้องการจะทำอยู่แล้ว ทั้งนี้ในการกระตุ้นของครูจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนเสนอจากกิจกรรมที่ได้เรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้ของครูที่เกี่ยวข้องกับชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่หรือเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

**3. ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ** ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันแสวงหาความรู้ ใช้กระบวนการกลุ่มในการวางแผนดำเนินกิจกรรม โดยนักเรียนเป็นผู้ร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเอง โดยระดมความคิดและหารือ แบ่งหน้าที่เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติร่วมกัน หลังจากที่ได้ทราบหัวข้อสิ่งที่ตนเองต้องเรียนรู้ในภาคเรียนนั้นๆเรียบร้อยแล้ว

**4. ขั้นแสวงหาความรู้** ในขั้นแสวงหาความรู้มีแนวทางปฏิบัติสำหรับนักเรียนในการทำกิจกรรม ดังนี้

- 4.1 นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงการ ตามหัวข้อที่กลุ่มสนใจ
- 4.2 นักเรียนปฏิบัติหน้าที่ของตนตามข้อตกลงของกลุ่ม พร้อมทั้งร่วมมือกันปฏิบัติกิจกรรม โดยขอคำปรึกษาจากครูเป็นระยะเมื่อมีข้อสงสัยหรือปัญหาเกิดขึ้น
- 4.3 นักเรียนร่วมกันเขียนรูปเล่ม สรุปรายงานจากโครงการที่ตนปฏิบัติ

**5. ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้** ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้จากการทำกิจกรรม โดยครูใช้คำถาม ถามนักเรียนนำไปสู่การสรุปสิ่งที่เรียนรู้

**6. ขั้นนำเสนอผลงาน** ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการเรียนรู้ โดยครูออกแบบกิจกรรมหรือจัดเวลาให้นักเรียนได้เสนอสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้ เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้น และนักเรียนอื่น ๆ ในโรงเรียนได้ชมผลงานและเรียนรู้กิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติในการทำโครงการ

**ปรัชญานันท์ นิลสุข (2558)** กล่าวถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1** การเตรียมความพร้อม มีการบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ สาระวิชาหลักและสมรรถนะสำคัญ 3 ประการ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านข้อมูลสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะด้านชีวิตและอาชีพ บทบาทของผู้สอนต้องให้คำปรึกษาและแนะนำ บทบาทของผู้เรียนคือ ศึกษาค้นคว้า การจัดกลุ่มทำงาน ระดมความคิด ศึกษาความเป็นไปได้ และสรุปปัญหา

**ขั้นตอนที่ 2** การกำหนดหัวข้อมีการบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ สาระวิชาหลักและสมรรถนะสำคัญ 3 ประการ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านข้อมูล



สารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะด้านชีวิตและอาชีพ บทบาทของผู้สอนเห็นชอบโครงการให้คำแนะนำ บทบาทของผู้เรียนคือ จัดทำแผนงานโครงการ นำเสนอหัวข้อโครงการ

**ขั้นตอนที่ 3** การดำเนินการสร้างและทดสอบ มีการบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ สารวิชาหลักและสมรรถนะสำคัญ 3 ประการ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านข้อมูลสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะด้านชีวิตและอาชีพ บทบาทของผู้สอนติดตามและตรวจสอบการดำเนินงาน บทบาทของผู้เรียนคือ ลงมือสร้างโครงการ ทดสอบการทำงาน ของโครงการ แก้ปัญหาโครงการ

**ขั้นตอนที่ 4** การนำเสนอผลงาน มีการบูรณาการ ทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ สารวิชาหลักและสมรรถนะสำคัญ 3 ประการ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านข้อมูลสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะด้านชีวิตและอาชีพ บทบาทของผู้สอนเห็นรับฟังและให้ข้อเสนอแนะ ให้กำลังใจและสนับสนุนการทำโครงการ บทบาทของผู้เรียนคือ นำเสนอผลสำเร็จโครงการ รับฟังข้อเสนอแนะ ปรับปรุงแก้ไขผลงาน

**ขั้นตอนที่ 5** การประเมินผล มีการบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ สารวิชาหลักและสมรรถนะสำคัญ 3 ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านข้อมูลสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะด้านชีวิตและอาชีพ บทบาทของผู้สอนประเมินผลงานตามสภาพจริง บทบาทของผู้เรียนคือ ประเมินผลงานตนเอง

**ประสาธ เนืองเฉลิม (2558)** กล่าวถึง ลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงการ คือ ต้องเป็นไปตามความสนใจของผู้เรียนแต่ละคน แต่ละกลุ่ม แต่ละระดับชั้น โดยมีขั้นตอนการทำโครงการ ดังนี้

**ขั้นที่ 1** ขั้นกำหนดปัญหา หรือสำรวจความสนใจ ผู้สอนเสนอสถานการณ์หรือตัวอย่างที่เป็นปัญหาและกระตุ้นให้ผู้เรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหรือช่วยผู้เรียนมีความต้องการศึกษาในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

**ขั้นที่ 2** ขั้นกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียน ผู้สอนแนะนำให้ผู้เรียนกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจนว่าเรียนเพื่ออะไร จะทำโครงการนั้นเพื่อแก้ปัญหาอะไร ซึ่งทำให้ผู้เรียนกำหนดโครงการได้ตามแนวทางในการดำเนินงานตรงตามจุดมุ่งหมาย

**ขั้นที่ 3** ขั้นวางแผนและวิเคราะห์โครงการ ให้ผู้เรียนวางแผนแก้ปัญหา ซึ่งเป็นโครงการเดี่ยวหรือกลุ่มก็ได้ แล้วเสนอแผนการดำเนินงานให้ผู้สอนพิจารณา ให้คำแนะนำช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะการวางแผนโครงการของผู้เรียน ผู้เรียนเขียนโครงการตามหัวข้อซึ่งมีหัวข้อสำคัญ

**ขั้นที่ 4** ขั้นลงมือปฏิบัติหรือแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติหรือแก้ปัญหตามแผนการที่กำหนดไว้โดยครูผู้สอนเป็นที่ปรึกษา คอยสังเกต ติดตาม แนะนำให้ผู้เรียนรู้จักสังเกตเก็บรวบรวมข้อมูล บันทึกผลการดำเนินการด้วยความมานะอดทน มีการประชุมอภิปราย ปรึกษาหารือกัน

เป็นระยะ ผู้สอนจะเข้าไปเกี่ยวข้องกับเท่าที่จำเป็น ผู้เรียนเป็นผู้ใช้ความคิด ความรู้ในการวางแผน และตัดสินใจทำด้วยตนเอง

**ขั้นที่ 5** ขั้นประเมินผลระหว่างปฏิบัติงาน ผู้สอนแนะนำให้ผู้เรียนรู้จักประเมินผลก่อนดำเนินการ ระหว่างดำเนินการ และหลังดำเนินการ คือ รู้จักพิจารณาว่าก่อนที่จะดำเนินการมีสภาพเป็นอย่างไร มีปัญหาอย่างไรระหว่างที่ดำเนินการตามโครงการนั้น ยังมีสิ่งใดที่ผิดพลาดหรือเป็นข้อบกพร่องอยู่ ต้องการแก้ไขอะไรอีกบ้าง มีวิธีแก้ไขอย่างไร เมื่อดำเนินการไปแล้ว ผู้เรียนมีแนวคิดอย่างไร มีความพึงพอใจหรือไม่ ผลของการดำเนินการตามโครงการ ผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร ได้ประโยชน์อะไร และสามารถนำความรู้นั้นไปพัฒนาปรับปรุงงานได้อย่างดียิ่งขึ้นหรือเอาความรู้นั้นไปใช้ในชีวิตได้อย่างไร โดยผู้เรียนประเมินโครงการของตนเองหรือเพื่อนร่วมประเมิน จากนั้นผู้สอนจึงประเมินผลโครงการตามแบบประเมิน ซึ่งผู้ปกครองอาจจะมีส่วนร่วมในการประเมินด้วยก็ได้

**ขั้นที่ 6** ขั้นสรุปผล รายงานผล และเสนอผลงาน เมื่อผู้เรียนทำงานตามแผน และเก็บข้อมูลแล้ว ต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปและเขียนรายงานเพื่อนำเสนอผลงาน ซึ่งนอกเหนือจากการรายงานเอกสารแล้ว อาจมีแผนภูมิ แผนภาพ กราฟ แบบจำลอง หรือของจริง ประกอบการนำเสนอ อาจจัดได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การจัดนิทรรศการ การแสดงละคร ฯลฯ

**วัชรินทร์ โพธิ์เงิน, พรจิต ประทุมสุวรรณ และสันติ หุตะมาน (2557)** กล่าวถึงกลยุทธ์การเรียนการสอนแบบโครงการเป็นฐานว่ามี 5 ขั้นตอน คือ

**ขั้นที่ 1** การเตรียมความพร้อม ผู้สอนจะต้องจัดเตรียมขอบเขตของโครงการ แหล่งข้อมูลและคำถามคำ โดยสามารถนำเสนอได้หลากหลายรูปแบบ เช่น text, video, clip หรือ online news

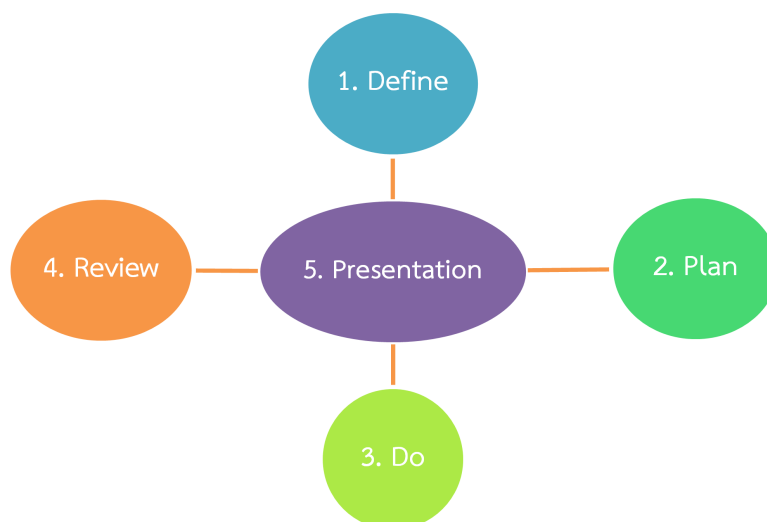
**ขั้นที่ 2** ศึกษาความเป็นไปได้ ผู้เรียนศึกษาขอบเขตของโครงการ แหล่งข้อมูล ตลอดจนค้นหาแหล่งข้อมูลจากเว็บไซต์ต่าง ๆ และแลกเปลี่ยนข้อมูลกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อขยายตอบคำถามนำที่ผู้สอนได้ตั้งไว้ผ่านเครื่องมือติดต่อสื่อสารแบบไม่ประสานเวลาต่าง ๆ เช่น group discussion board, wiki หรือเครื่องมือติดต่อสื่อสารแบบประสานเวลาต่าง ๆ เช่น chat, web, conference แล้วศึกษาโครงการอย่างคร่าว ๆ ถึงความเป็นไปได้ในการจัดทำโครงการ

**ขั้นที่ 3** กำหนดหัวข้อ ปรึกษาภายในกลุ่มกำหนดหัวข้อที่จะทำเป็นโครงการ เมื่อผู้สอนได้เห็นชอบกับหัวข้อที่กลุ่มของตนได้นำเสนอแล้วผู้เรียนในแต่ละกลุ่มวางแผนการจัดทำโครงการ โดยระบุกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนและตารางการดำเนินการตลอดจนกำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้ชัดเจนตามความเหมาะสมของสมาชิกในกลุ่ม จากนั้นนำเสนอข้อสรุปแก่ผู้สอนอีกครั้ง

**ขั้นที่ 4** การดำเนินงานสร้างชิ้นงานและทดสอบ สมาชิกในกลุ่มแบ่งงานและภาระความรับผิดชอบของแต่ละคนเพื่อสร้างชิ้นงานโดยใช้ความรู้ในการจัดทำโครงการจากนั้นจึงทำการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และความรู้ใหม่กับสมาชิกในกลุ่มซึ่งสามารถทำได้ทั้งแบบประสานเวลาและไม่ประสานเวลาตามความสะดวกของสมาชิกในกลุ่ม โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษาหลังจากได้ดำเนินการสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต้องมีการทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของงานที่สร้างขึ้น

**ขั้นที่ 5** นำเสนอผลงาน ผู้เรียนจัดทำรายงานและเตรียมการนำเสนอที่แสดงให้เห็นถึงผลของกิจกรรมของโครงการ (ผลงานและกระบวนการ) แล้วนำเสนอผ่านเครื่องมือออนไลน์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น video clip, online text, webpage, blog, Facebook เป็นต้น

**วิจารณ์ พาณิช (2555 : 71-75)** เป็นการจัดการเรียนรู้ตามโมเดล จักรยานแห่งการเรียนรู้แบบ PBL ซึ่งแนวคิดนี้ มีความเชื่อว่าหากต้องการให้การเรียนรู้มีพลังและฝังในตัวผู้เรียนได้ ต้องเป็นการเรียนรู้ที่เรียนโดยการลงมือทำเป็นโครงการ (Project) ร่วมมือกันทำเป็นทีมและทำกับปัญหาที่มีอยู่ในชีวิตจริง ซึ่งส่วนของวงล้อแต่ละชิ้น ได้แก่ Define, Plan, Do, Review และ Presentation



ภาพที่ 3 โมเดล จักรยานแห่งการเรียนรู้แบบ PBL

ที่มา : COACHING & MENTORING (2559 : ออนไลน์)

**1. Define** คือ ขั้นตอนการทำให้สมาชิกของทีมงาน ร่วมทั้งครูด้วยมีความชัดเจนร่วมกันว่า คำถาม ปัญหา ประเด็น ความท้าทายของโครงการคืออะไร และเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อะไร

**2. Plan** คือ การวางแผนการทำงานในโครงการ ครูก็ต้องวางแผน กำหนดทาง

หน้าที่ไลในการทำหน้าที่โค้ช รวมทั้งเตรียมเครื่องอำนวยความสะดวกในการทำโครงการของนักเรียน และที่สำคัญ เตรียมคำถามไว้ถามทีมงานเพื่อกระตุ้นให้คิดถึงประเด็นสำคัญบางประเด็นที่นักเรียนมองข้าม โดยถือหลักว่า ครูต้องไม่เข้าไปช่วยเหลือจนทีมงานขาดโอกาสคิดเองแก้ปัญหาเองนักเรียนที่เป็นทีมงานก็ต้องวางแผนงานของตน แบ่งหน้าที่รับผิดชอบ การประชุมพบปะระหว่างทีมงาน และการแลกเปลี่ยนข้อค้นพบแลกเปลี่ยนคำถาม แลกเปลี่ยนวิธีการ ยิ่งทำความเข้าใจร่วมกันไว้ชัดเจนเพียงใดงานในขั้น Do ก็จะสามารถเลื่อนไหลดีเพียงนั้น

**3. Do** คือ การลงมือทำ มักจะพบปัญหาที่ไม่คาดคิดเสมอ นักเรียนจึงจะได้เรียนรู้ทักษะในการแก้ปัญหา การประสานงาน การทำงานร่วมกันเป็นทีม การจัดการความขัดแย้ง ทักษะในการทำงานภายใต้ทรัพยากรจำกัด ทักษะในการค้นหาความรู้เพิ่มเติมทักษะในการทำงานในสภาพที่ทีมงานมีความแตกต่างหลากหลาย ทักษะการทำงานในสภาพกดดัน ทักษะในการบันทึกผลงาน ทักษะในการวิเคราะห์ผล และแลกเปลี่ยนข้อวิเคราะห์กับเพื่อนร่วมทีม เป็นต้น ในขั้นตอน Do นี้ ครูเพื่อศิษย์จะได้มีโอกาสสังเกตทำความเข้าใจและเข้าใจศิษย์เป็นรายคน และเรียนรู้หรือฝึกทำหน้าที่เป็น “วาทยากร” และโค้ชด้วย

**4. Review** คือ การที่ทีมนักเรียนจะทบทวนการเรียนรู้ ที่ไม่ใช่แค่ทบทวนว่าโครงการได้ผลตามความมุ่งหมายหรือไม่ แต่จะต้องเน้นทบทวนว่างานหรือกิจกรรม หรือพฤติกรรมแต่ละขั้นตอนได้ให้บทเรียนอะไรบ้าง เอาทั้งขั้นตอนที่เป็นความสำเร็จและความล้มเหลวมาทำความเข้าใจ และกำหนดวิธีทำงานใหม่ที่ถูกต้องเหมาะสมรวมทั้งเอาเหตุการณ์ระทึกใจ หรือเหตุการณ์ที่ภาคภูมิใจ ประทับใจ มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ขั้นตอนนี้เป็นการเรียนรู้แบบทบทวนไตร่ตรอง (reflection) หรือในภาษา KM เรียกว่า AAR (After Action Review)

**5. Presentation** คือ การนำเสนอโครงการต่อชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ให้การเรียนรู้ทักษะอีกชุดหนึ่ง ต่อเนื่องกับขั้นตอน Review เป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการทบทวนขั้นตอนของงานและการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างเข้มข้น แล้วเอามานำเสนอในรูปแบบที่เร้าใจ ให้อารมณ์และให้ความรู้ (ปัญญา) ทีมงานของนักเรียนอาจสร้างนวัตกรรมในการนำเสนอก็ได้ โดยอาจเขียนเป็นรายงาน และนำเสนอเป็นการรายงานหน้าชั้น มีเพาเวอร์พอยท์ (PowerPoint) ประกอบหรือจัดทำวีดิทัศน์ นำเสนอหรือนำเสนอเป็นละคร เป็นต้น

**สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550)** เป็นการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ ซึ่งได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ ไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา  
และกระทรวงศึกษาธิการ

ที่มา : COACHING & MENTORING (2559 : ออนไลน์)

1. **ขั้นนำเสนอ** หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาไปความรู้ แล้วกำหนดสถานการณ์ สถานการณ์ สถานการณ์ เล่นเกม ตูรูปภาพ หรือผู้สอนใช้เทคนิคการตั้งคำถามเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ที่กำหนดในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน เช่น สาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรและสาระการเรียนรู้ที่เป็นขั้นตอนของโครงงานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการเรียนรู้
2. **ขั้นวางแผน** หมายถึง ขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันวางแผน โดยการระดมความคิดอภิปรายหรือข้อสรุปของกลุ่ม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ
3. **ขั้นปฏิบัติ** หมายถึง ขั้นที่ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรม เขียนสรุปรายงานผลที่เกิดขึ้นจากการวางแผนร่วมกัน
4. **ขั้นประเมินผล** หมายถึง ขั้นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง โดยให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีผู้สอน ผู้เรียนและเพื่อนร่วมกันประเมิน

#### 4.6 บทบาทของครูสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่ยึดโครงงานเป็นฐาน

Blumenfeld (2537 อ้างถึงใน มหาวิทยาลัยศรีพระทุม, 2554) ได้สรุปบทบาทของครูผู้สอนในชั้นเรียนที่มีการสอนแบบโครงงานไว้ดังนี้

1. ครูต้องเปิดโอกาสในการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียน โดยการสนับสนุน แนะนำหรือเตรียมสิ่งที่จะช่วยให้นักเรียนได้เข้าถึงแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นได้
2. ครูควรสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนโดยจัดโครงสร้างการเรียนรู้ สร้างแบบแนะนำการทำงานให้แก่ นักเรียน
3. กระตุ้นนักเรียนในการเรียนรู้และใช้กระบวนการรู้คิดของตนเอง (metacognitive)

4. ครูควรประเมินผลความก้าวหน้า วินิจฉัยปัญหาที่เกิดขึ้นและให้ผลย้อนหลังกลับแก่นักเรียน รวมถึงการประเมินผลงานรวมทั้งหมดของนักเรียนด้วย

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550) บทบาทครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ แสดงตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ตารางที่ 6 บทบาทครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ แสดงตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

บทบาทผู้สอน	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ	บทบาทผู้เรียน
1. จัดให้มีการปฐมนิเทศวิธีการเรียนรู้แบบโครงการเพื่อให้รู้ถึงหลักการ วัตถุประสงค์ ประโยชน์ ตัวแปร ปัจจัยสำคัญในการทำโครงการ ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ อันอาจเกิดขึ้น	ขั้นนำเสนอ	1. เสนอแนวคิด เลือก และกำหนดหัวข้อโครงการ
2. ให้คำปรึกษาในการดำเนินงานของผู้เรียนทุกขั้นตอน	ขั้นวางแผน	2. เสนอแนวทาง ออกแบบการทำโครงการ 3. วางแผนร่วมกันในการเรียนรู้แบบโครงการ 4. ศึกษาค้นคว้าเอกสารเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ 5. เสนอเค้าโครงย่อของโครงการต่อผู้สอน
3. ติดตามสอบถามความก้าวหน้า ดูแลการทำโครงการของผู้เรียนอย่างใกล้ชิด	ขั้นปฏิบัติ	6. ลงมือปฏิบัติโครงการตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ 7. รวบรวมผลการทำโครงการ 8. เสนอแนวทางแก้ไขปรับปรุงผลการทำโครงการ

ตารางที่ 6 (ต่อ)

บทบาทผู้สอน	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบบโครงงาน	บทบาทผู้เรียน
4. สังเกตและประเมินผลการทำงาน กิจกรรมของผู้เรียน 5. สรุปการทำงานและ เสนอแนะการทำงานของ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มโดยรวม	ขั้นประเมินผล	9. เขียนรายงานหรือนำเสนอ ผลงานโครงงานต่อครูผู้สอน 10. เผยแพร่ผลงานต่อ สาธารณชน 11. ประเมินผลการเรียนรู้แบบ โครงงานของตนเอง

#### 4.7 บทบาทของครูในฐานะผู้กระตุ้นการเรียนรู้

นอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ คุซมึ โยเฮลาและคณะ (2557) ได้กล่าวถึง บทบาทสำคัญของครูในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่า ครูจะต้องแสดงบทบาทต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมให้เกิดกระบวนการเรียนรู้แบบ Active Learning ขึ้น คือครูจะต้องเป็นผู้สังเกต โดยสังเกตการทำงานของนักเรียนและการเล่นของนักเรียน ครูต้องสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ โดยใช้คำถามปลายเปิดกระตุ้นการเรียนรู้แทนการบอกกล่าว ครูต้องศึกษาและรู้จักข้อมูลนักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อแสดงบทบาทให้เหมาะสมในการทำให้เกิด Active Learning กับนักเรียนเป็นรายคน ซึ่งบทบาทหรือสิ่งเหล่านี้ที่ครูแสดงออกมีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ บทบาทของครูจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ครูเองจะต้องจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการรายวิชา โดยใช้แหล่งเรียนรู้ชุมชนและสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เป็นเรื่องใกล้ตัวนักเรียนและมีความเป็นปัจจุบัน ณ ขณะนั้น เช่น ข่าว ละครทีวี เรื่องราวในท้องถิ่น เป็นต้น มาเชื่อมโยงกับเนื้อหาบทเรียน นอกจากนั้นแล้วครูเองจะต้องคอยให้คำแนะนำชี้แนะชี้แจงให้รายละเอียดต่าง ๆ เท่าที่จำเป็นเมื่อนักเรียนเกิดความสงสัย โดยครูจะต้องแสดงบทบาทเป็นผู้กระตุ้นการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียน ดังนี้



ภาพที่ 5 บทบาทของครูในฐานะผู้กระตุ้นการเรียนรู้  
ที่มา : COACHING & MENTORING (2559 : ออนไลน์)

**4.7.1 ครูใช้คำถามกระตุ้นการเรียนรู้** คำถามที่ใช้ในการกระตุ้นการเรียนรู้ นั้น ต้องเป็นคำถามที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดและเพื่อให้นักเรียนได้อธิบาย โดยขึ้นต้นว่า “ทำไม” หรือลงท้ายว่า “อย่างไรบ้าง” “อะไรบ้าง” “เพราะอะไร” โดยคำถามเหล่านี้ อาจเป็นคำถามในใบกิจกรรมหรือครูถามก่อนปฏิบัติกิจกรรม กำลังลงมือปฏิบัติกิจกรรมและ/หรือหลังปฏิบัติกิจกรรม ทุกคำถามต้องเชื่อมโยงไปยังรายวิชาที่เรียนเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดด้วย

**4.7.2 ครูทำหน้าที่เป็นผู้สังเกต** ครูจะต้องคอยสังเกตว่านักเรียนแต่ละคนมีพฤติกรรมอย่างไร ขณะปฏิบัติกิจกรรมโดยการสังเกตต้องเป็นไปอย่างเหมาะสม คือ เมื่อครูเห็นว่าพฤติกรรมที่นักเรียนกำลังเรียนรู้ไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนหรืออันตรายแก่นักเรียนอื่นรอบตัว แต่ในทางกลับกัน หากพฤติกรรมที่นักเรียนกำลังเรียนรู้ทำให้เกิดความเดือดร้อนหรือเกิดอันตรายต่อตัวนักเรียนเองและนักเรียนคนอื่น ครูจะต้องเข้าไปแทรกแซงและหยุดพฤติกรรมดังกล่าวทันที

**4.7.3 ครูสอนให้นักเรียนเรียนรู้การตั้งคำถาม** เมื่อนักเรียนสามารถตั้งคำถามได้จะทำให้ นักเรียน รู้จักถามเพื่อค้นคว้าข้อมูล รู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและร่วมแสดงความคิดเห็นของตนเองในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้เรื่อง การรู้จักถามเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นักเรียนจะได้เรียนรู้และได้มาซึ่งความรู้ที่นักเรียนสนใจ



**4.7.4 ครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัย** ครูจะต้องเป็นผู้คอยแนะนำ ชี้แจงให้ข้อมูลต่าง ๆ หรือยกตัวอย่างเหตุการณ์ใกล้ตัวต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียนเชื่อมโยงไปสู่ความรู้ด้านอื่น ๆ ในขณะที่ทำกิจกรรมเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือคำถาม โดยไม่บอกคำตอบแก่นักเรียน

**4.7.5 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดหาคำตอบด้วยตนเอง** ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งหนึ่ง ๆ ครูจะเป็นผู้สังเกตและคอยกระตุ้นด้วยคำถามให้นักเรียนได้คิดกิจกรรมที่อยากเรียนรู้และหาคำตอบในสิ่งที่สงสัยด้วยตนเอง

**4.7.6 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างสรรค์ผลงานอย่างอิสระ** ตามความคิดและความสามารถของนักเรียนเองเพื่อให้นักเรียนได้ใช้จินตนาการและความสามารถของตนเองในการคิดสร้างสรรค์อย่างเต็มที่

#### 4.8 การประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง

##### 4.8.1 วิธีการประเมินการเรียนรู้

สำหรับการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนนั้น ครูประเมินจากผลงานของนักเรียน โดยการประเมินตามสภาพจริง ใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบิค ทั้งนี้ครูจะต้องออกแบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนร่วมประเมินด้วย การออกแบบดังกล่าวต้องประเมินตามตัวชี้วัดที่ส่วนกลางกำหนด มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนพร้อมประเมินจากการนำเสนอผลงานของนักเรียน อาจให้นักเรียนเล่าเรื่องแล้วสังเกตพฤติกรรม ตรวจชิ้นงาน หรือจากการพูดคุยโดยพิจารณาผลหลังจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีแนวทางการประเมิน ดังนี้

1. ยึดรูปแบบการประเมินจากส่วนกลาง มีการวางโครงร่างหรือนำหนักคะแนนในการประเมินจากรูปแบบที่ส่วนกลางกำหนดเป็นหลัก
2. ใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบิคสเกล โดยจะทำการประเมินตามลำดับความสามารถหรือลำดับพฤติกรรมที่คาดหวังที่นักเรียนแสดงออกหรือที่ครูสังเกตเห็นอย่างเป็นลำดับขั้น โดยใช้การให้คะแนนแบบ รูบิคสเกล ซึ่งครูต้องออกแบบเกณฑ์หรือกำหนดแนวทางการประเมินให้สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียนเป็นหลัก
3. วัดและประเมินผลตามเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการประเมินผลหรือวัดผลตามเนื้อหาที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดที่ระบุในหลักสูตร โดยพิจารณาขณะสอนและวัดหลังการจัดการเรียนรู้
4. สังเกตและบันทึกพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยบันทึกผลการสังเกตลงในแบบประเมินพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้

5. ให้ครูท่านอื่นและนักเรียนร่วมประเมินผลงาน การประเมินผลการจัดการเรียนรู้ นั้น นอกจากครูผู้สอนจะเป็นผู้ประเมินเองแล้วครูเองควรเปิดโอกาสให้นักเรียนและครูท่านอื่นร่วมประเมินด้วย

6. ให้ผู้ปกครองเข้ามามีส่วนร่วมในประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองเข้ามามีส่วนร่วมในการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งเป็นการเข้ามามีส่วนร่วมในลักษณะของการเรียนรู้ไปพร้อมๆ กับนักเรียนและการมาชมการเสนอผลงานของนักเรียน เพื่อให้ผู้ปกครองได้เข้าใจถึงระดับการเรียนรู้ของลูก ความสามารถที่ลูกมี ตลอดจนได้เห็นพัฒนาการของลูกก่อนหรือหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

#### 4.8.2 สิ่งที่คุณต้องประเมิน

ในการประเมินนักเรียนนั้น ครูจะมีการพิจารณาประเมินหลายด้าน คือ ด้านผลการเรียนรู้และพฤติกรรมหลังการเรียนรู้โดยการประเมินดังกล่าวเป็นการประเมินสิ่งที่เปลี่ยนแปลงหลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมแล้ว โดยสามารถกล่าวในรายละเอียดได้ดังนี้

1. ด้านผลการเรียนรู้ ครูจะต้องทำการทดสอบความรู้ที่นักเรียนได้รับหลังจากที่ได้ทำการจัดการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียนแล้ว เพื่อให้เห็นพัฒนาการของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาบทเรียนที่ครูเป็นผู้สอน

2. พฤติกรรมนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนลดพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ โดยที่นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปในทางที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนและเพื่อนในห้องยอมรับในตัวนักเรียนเพิ่มขึ้น

#### 4.9 ขั้นตอนการพัฒนาโครงการ

กระบวนการจัดทำโครงการ โดยทั่วไปเรื่องที่จะนำมาพัฒนาเป็นโครงการ มักจะได้อมาจาก การเกิดปัญหา คำถามหรือความสนใจในเรื่องต่างๆ จากการสังเกตสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องรอบ ๆ ตัว แล้วทำการวิเคราะห์ปัญหา รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การทดสอบการใช้งาน ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข การเขียนรายงานของโครงการและการนำเสนอ ซึ่งมีตัวอย่างดังต่อไปนี้

##### ตัวอย่างขั้นตอนการพัฒนาโครงการเครื่องกีดเจลดแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัส

##### ขั้นตอนที่ 1 การคัดเลือกหัวข้อโครงการ

1. วิเคราะห์ปัญหา ในปัจจุบันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด 19 และเชื้อไวรัสอื่น ๆ ได้สร้างความยากลำบากในการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้คนเป็นอย่างมากซึ่งตลอดระยะเวลา 2 ปีที่ผ่านมา หน่วยงานที่รับผิดชอบ เช่น กระทรวงสาธารณสุข ได้พยายามรณรงค์เพื่อให้

ประชาชนได้ตระหนักและป้องกันตนเอง โดยการสวมหน้ากากอนามัย และหมั่นล้างมือด้วยเจล แอลกอฮอล์อยู่ตลอดเวลา ทำให้ปัญหาหนึ่งได้เกิดขึ้นมาเช่นกัน คือ การกดเจลแอลกอฮอล์โดยใช้มือ กดโดยตรงมีความสุ่มเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการแพร่เชื้อของไวรัสโควิด 19 อีกทอดหนึ่ง

ดังนั้น ปัญหาที่ต้องการแก้ไข คือ การกดเจลแอลกอฮอล์จากขวดหรือภาชนะอาจ ทำให้เกิดการติดเชื้อไวรัสโควิด 19 ได้ เนื่องมีการใช้มือไปสัมผัสกับขวดหรือภาชนะที่บรรจุเจล แอลกอฮอล์โดยตรง ส่งผลให้เกิดการติดเชื้อตามมา



ภาพที่ 6 แสดงการใช้มือกดเจลแอลกอฮอล์โดยการสัมผัสกับภาชนะ

ภาพโดย : วิรัตน์ ปุຍกระโทก

## ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาค้นคว้าจากเอกสารและแหล่งข้อมูล

1. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อให้เข้าใจปัญหาของ การกดเจลแอลกอฮอล์จากภาชนะโดยตรง ผู้พัฒนาโครงการสามารถรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหาให้มากขึ้นด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

- **การสัมภาษณ์** : พูดคุยสอบถามกับผู้ที่เคยกดเจลแอลกอฮอล์ เพื่อให้เข้าใจ ถึงประสบการณ์และความเสี่ยงต่อการติดเชื้อไวรัสโควิด 19 ในกดเจลแอลกอฮอล์

- **การสังเกต** : ติดตามการกดเจลแอลกอฮอล์จากที่ต่าง ๆ สังเกตวิธีการกด เจลแอลกอฮอล์และประเมินความเหมาะสม รวมถึงความปลอดภัยของวิธีการกดเจลแอลกอฮอล์จาก ภาชนะบรรจุ

- **ร่วมประสบการณ์** : ทดลองใช้มือกดเจลแอลกอฮอล์ด้วยตนเอง

ก่อนที่จะเริ่มออกแบบและพัฒนาโครงการเพื่อแก้ปัญหา นั้น ควรมองปัญหาให้เป็นโอกาสด้วยการตั้งคำถาม โดยใช้รูปแบบคำถาม ดังนี้

1. เราจะทำให้ผู้ที่กดเจลแอลกอฮอล์จากภาชนะบรรจุไม่ต้องสัมผัสภาชนะบรรจุได้อย่างไร
2. เราจะทำให้ผู้ที่กดเจลแอลกอฮอล์จากภาชนะบรรจุปลอดภัยมากขึ้นได้อย่างไร
3. เราจะมึวิธีการที่จะกดเจลแอลกอฮอล์จากภาชนะบรรจุให้มีความสะดวกและปลอดภัยมากขึ้นได้อย่างไร

จากการตั้งคำถามดังกล่าว ทำให้เกิดความคิดที่หลากหลายในการพัฒนาโครงการ ซึ่งหนึ่งในนั้นที่นำมาทดลองปฏิบัติ คือ “การสร้างเครื่องกดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัส” ที่สามารถกดเจลแอลกอฮอล์ออกมาจากภาชนะบรรจุ โดยผู้ที่ใช้งานไม่ต้องใช้มือหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายสัมผัสกับภาชนะบรรจุแอลกอฮอล์โดยตรง การพัฒนาโครงการขึ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำมาแก้ปัญหา ดังนี้

1. ส่งเสริมและช่วยให้ผู้ที่ใช้เจลแอลกอฮอล์ได้รับความปลอดภัยเพิ่มขึ้น
2. ส่งเสริมและช่วยให้ผู้ที่ใช้เจลแอลกอฮอล์ได้รับความสะดวกสบายเพิ่มขึ้น
3. ส่งเสริมและช่วยให้ผู้ใช้งานเกิดความมั่นใจ 100%

### ขั้นตอนที่ 3 จัดทำข้อเสนอเค้าโครงร่างของโครงการ

ดำเนินการจัดทำข้อเสนอเค้าโครงร่างของโครงการตามหัวข้อที่กำหนด

### ขั้นตอนที่ 4 การลงมือทำโครงการ

1. **ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา** หลักการสำคัญในการพัฒนาโครงการเพื่อแก้ปัญหา คือ การสร้างต้นแบบเพื่อทดสอบแนวความคิด ในกรณีนี้อุปกรณ์ต่าง ๆ ถูกนำมาใช้เพื่อสร้างต้นแบบของเครื่องกดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัส เช่น บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวต้านทาน สายไฟ หลอด LED เซ็นเซอร์ตรวจจับระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก แผ่น Breadboard เป็นต้น โดยเครื่องกดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัสนี้จะทำงานในระบบอัตโนมัติ เมื่อมีผู้ใช้งานยื่นมือเข้าไปใกล้ในระยะที่กำหนด ระบบจะกดเจลแอลกอฮอล์ออกมาจากภาชนะตามปริมาณที่กำหนดไว้และแสดงสถานะการทำงานด้วยหลอดไฟ LED การทำงานของเครื่องกดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัสนี้ สามารถใช้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่หรือจากกระแสไฟฟ้าภายนอกผ่าน Adapter ได้



ภาพที่ 7 อุปกรณ์สำหรับสร้างเครื่องกดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัส

ภาพโดย : วิรัตน์ ปุຍกระโทก

2. **ดำเนินการพัฒนาโครงการ** ขั้นตอนนี้เป็นดำเนินการพัฒนาโครงการตามแผนการที่ได้กำหนดไว้ในแผนการดำเนินงาน เพื่อให้การพัฒนาโครงการเป็นไปตามกำหนดการ

3. **การทดสอบการใช้งาน ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข** เมื่อได้ต้นแบบของเครื่องกดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัสแล้วขั้นตอนต่อไปของการพัฒนาโครงการ คือ การทดสอบว่าการทำงานของเครื่องกดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัส มีความถูกต้องและตอบโจทย์ของผู้ใช้หรือไม่ และมีส่วนใดที่จำเป็นต้องพัฒนาหรือแก้ไขบ้าง เช่น

**สิ่งที่ชอบ** : สะดวกมากขึ้นในการกดเจลแอลกอฮอล์และรู้สึกปลอดภัยเวลาใช้งาน

**สิ่งที่พัฒนาได้** : ปริมาณการจ่ายแอลกอฮอล์ออกจากเครื่องกดแต่ละครั้ง มีปริมาณที่เท่ากันทุกครั้ง ช่วยให้ประหยัดแอลกอฮอล์ได้เป็นอย่างมาก

**สิ่งที่ยังไม่เข้าใจ** : ความถี่ในการตรวจวัดระยะของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก

**แนวคิดใหม่เพิ่มเติม** : สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อปรับระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์ตรวจวัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิกกับผู้ใช้งานให้มีความหลากหลายในการใช้งานได้เป็นต้น



ภาพที่ 8 เครื่องกดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัส

ภาพโดย : วิรัตน์ ปุ๋ยกระโทก

#### ขั้นตอนที่ 5 การเขียนรายงานของโครงการ

ดำเนินการเขียนรายงานตามแบบฟอร์มการเขียนรายงานโครงการ

#### ขั้นตอนที่ 6 การนำเสนอและเผยแพร่โครงการ

เมื่อพัฒนาโครงการเสร็จสิ้นแล้ว จะต้องมีการเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ และ นำโครงการที่พัฒนาขึ้นมาแนะนำ โดยเครื่องกดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัสนี้ สามารถนำมา เสนอให้เห็นลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ของการพัฒนาผ่านรูปแบบการนำเสนอแบบ Storyboard ดังนี้

### Storyboard : เครื่องกวดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัส



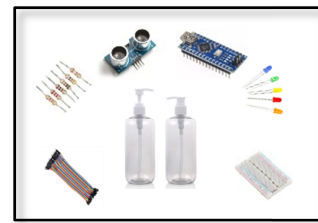
#### ปัญหาที่ต้องการแก้

- การกวดเจลแอลกอฮอล์จากขวดหรือภาชนะบรรจุไม่ปลอดภัย
- ภาชนะบรรจุแอลกอฮอล์อาจแพร่เชื้อไวรัสโควิด 19 ได้



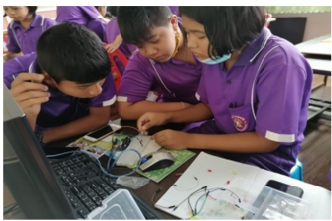
#### ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

- การกวดเจลแอลกอฮอล์จากขวดหรือภาชนะบรรจุมีการสัมผัสกับขวดหรือภาชนะบรรจุโดยตรง



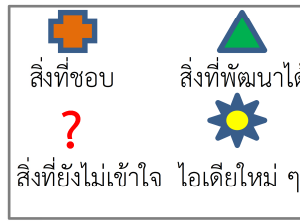
#### แนวทางแก้ปัญหา

- สร้างเครื่องกวดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัส



#### การทดลอง

- ติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ที่อุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้และเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง



#### ผลการทดลองและการประเมินผล

- ปรับระยะห่างระหว่างผู้ใช้และภาชนะบรรจุแอลกอฮอล์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน



#### เทคโนโลยีที่พัฒนาสำเร็จ

- เครื่องกวดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัส สามารถให้บริการแก่ผู้ใช้งานได้แบบอัตโนมัติมีความปลอดภัย

ภาพที่ 9 การนำเสนอผลงานผ่าน Storyboard เครื่องกวดเจลแอลกอฮอล์แบบไม่สัมผัส

ภาพโดย : วิรัตน์ ปุຍกระโทก

สรุป การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการแก้ปัญหา เกิดประสบการณ์การเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง เพราะผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง มีรูปแบบขั้นตอนในการทำงานที่ชัดเจน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนผู้เรียนจะได้รับการสร้างโอกาสในการเรียนรู้ เพราะผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง นอกจากนี้การเรียนการสอนแบบโครงงานยังเป็นการฝึกทักษะการทำงานกลุ่ม สร้างปฏิสัมพันธ์กับสมาชิกภายในกลุ่ม เพราะมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนเพื่อแก้ปัญหาร่วมกันเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในกลุ่มของสมาชิกในประเด็นต่าง ๆ ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างสนุกสนาน ท้าทายความสามารถ ปรากฏผลงาน

เป็นรูปธรรมที่สามารถจับต้องได้ โดยผู้สอนจะทำหน้าที่เพียงคอยดูแลและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ จนส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้น

## 5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบสมองกลฝังตัวเบื้องต้นและหุ่นยนต์

### 5.1 ศึกษาเอกสารตำราที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว

#### 5.1.1 ความเป็นมาของระบบสมองกลฝังตัว

เพื่อให้ทราบประวัติความเป็นมาของระบบสมองกลฝังตัว วิรุพท์ ศรีบริรักษ์ (2557 : 100-104) ได้กล่าวถึงยุคเริ่มต้นของคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ปี ค.ศ.1930 ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่และสามารถทำการประมวลผลได้เพียงทีละงาน (single task) เท่านั้นแต่เมื่อเวลาผ่านไป การพัฒนาและวิวัฒนาการของเทคโนโลยีสูงมากขึ้น ทำให้ชิพและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในเล็กลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งในปี ค.ศ.1940 ได้เริ่มมีการนำระบบสมองกลฝังตัวมาควบคุมขีปนาวุธนำวิถี (Missile) สำหรับที่ใช้ในกองทัพอากาศซึ่งหนึ่งในระบบสมองกลฝังตัวที่ทันสมัยที่สุดในยุคนั้นก็คือเครื่องควบคุมที่มีชื่อว่า "Apollo Guidance Computer" ถูกสร้างขึ้นโดย Charles Stark Draper ณ แล็บ MIT Instrumentation แต่โปรเจกต์นี้ยังถูกมองว่ามีความเสี่ยงในการใช้งานเนื่องจากต้องนำวงจรที่เคยมีขนาดใหญ่มากมายย่อให้เล็กลงรวมทั้งน้ำหนักจะต้องเบาลงเพื่อให้สามารถนำวงจรไปฝังไว้ภายในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้ แต่ในที่สุดผลงานชิ้นแรกจากแล็บ MIT ก็ถูกพัฒนาปรับปรุงขึ้นมาได้จนสำเร็จ โดยตั้งชื่อว่า Autonetics D-17 guidance computer และได้ถูกนำไปใช้ในการทหารของโครงการชื่อ Minute missile

ตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1961 จนถึงปี ค.ศ. 1966 ได้มีการปรับปรุงการออกแบบของวงจรจากเดิมที่ใช้ตัวทรานซิสเตอร์ขนาดใหญ่และใช้ฮาร์ดดิสภายนอกในการเก็บข้อมูล มาเป็นการนำชิพประมวลผลแบบใหม่เข้ามาใช้งานแทนที่ตัวทรานซิสเตอร์เดิมจนทำให้ได้วงจรมีขนาดเล็กลงและมีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น จนสามารถออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ระบบสมองกลฝังตัวรุ่นใหม่ได้ โดยใช้ชื่อว่า Minuteman II

เทคโนโลยีด้านระบบสมองกลฝังตัวได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อทำให้มีขนาดที่เล็กลงและประสิทธิภาพสูงขึ้น จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1971 ก็ได้เริ่มเข้าสู่ยุคไมโครโปรเซสเซอร์ยุคแรกอย่างเต็มตัวด้วยการเปิดตัวของหน่วยประมวลผล Intel 4004 ที่ถูกออกแบบขึ้นมาสำหรับเป็นหน่วยประมวลผลกลางในเครื่องคิดเลข แต่ก็ยังคงใช้ฮาร์ดดิสภายนอกในการเก็บหน่วยความจำต่างอยู่ จนมาถึงในปี ค.ศ.1980 ก็ได้มีการผนวกหน่วยความจำกับตัวชิพประมวลผลเข้าด้วยกันได้สำเร็จซึ่งถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญของวงการไมโครคอนโทรลเลอร์ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์



ตัวแรกของโลกคือ Intel 8048 และต่อมาในปี ค.ศ. 1980 วงการไมโครคอนโทรลเลอร์ก็มีการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งหนึ่งเมื่อ Intel ได้เปิดตัว Intel 8051 ที่มาพร้อมกับเครื่องมือช่วยในการพัฒนาโปรแกรม (software developments tools) จนได้รับการตอบรับจากผู้ใช้อย่างกว้างขวางและเป็นที่ยอมรับทั้งในระดับมหาวิทยาลัย บริษัทพัฒนาทางด้านระบบสมองกลฝังตัว

แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการพัฒนาโปรแกรมเพราะสามารถเขียนโปรแกรมลงไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เพียงครั้งเดียว (PROMs) แต่หลังจากนั้นไม่นานก็ได้มีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นเพื่อทำให้สามารถลบโปรแกรมภายในแล้วบันทึกได้ใหม่โดยใช้เทคโนโลยี EPROM ที่เป็นการลบด้วยแสงยูวี (UV) และต่อมาภายหลังก็ได้มีการสร้างเครื่องลบโปรแกรมชนิดกล่องสร้างแสง UV ที่สามารถลบข้อมูลใน EPROM โดยใช้เวลาประมาณ 5-10 นาทีจนกระทั่งปี ค.ศ. 1993 ได้มีการพัฒนาจาก EPROM มาเป็น EEPROM ที่สามารถลบหรือแก้ไขโปรแกรมได้โดยไม่ต้องเอาออกจากคอมพิวเตอร์เหมือน EPROM แต่อย่างไรก็ตาม EEPROM จะต้องลบข้อมูลทั้งหมดก่อนที่จะใส่ข้อมูลใหม่เข้าไปทุกครั้ง ซึ่งยังมีข้อจำกัดอยู่ที่จำนวนครั้งการลบหรือแก้ไข ต่อมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992 ทั้ง 12 บริษัทยักษ์ใหญ่ทางด้านคอมพิวเตอร์ก็ได้ร่วมกันจัดตั้งกลุ่มสมาคม PC/104 Consortium เพื่อกำหนดแนวทางในการนำเทคโนโลยีเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมาปรับให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในระบบสมองกลฝังตัว โดยได้ออกแบบเมนบอร์ดและปรับขนาดของกล่องให้มีขนาดเล็กกะทัดรัดเพื่อให้สามารถวางซ้อนกันเป็นชั้นได้ด้วยขนาดกว้างยาวเพียง 4 นิ้ว และมีความหนาเพียง 1 นิ้ว ด้วยการนำเสนอของกลุ่มสมาคม PC/104 ทำให้ได้รับการตอบรับจากภาครัฐและภาคเอกชนอย่างคึกคักไม่ถึง ดังนั้นกลุ่มตลาดทางการทหารและการแพทย์จึงเป็นกลุ่มแรกที่ได้นำแนวคิดและเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวไปประยุกต์ใช้งานจริง

จนกระทั่งเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเริ่มได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางและประสิทธิภาพของตัวประมวลผลภายในเองก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจึงเริ่มนำไปสู่การพัฒนาสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมสื่อมัลติมีเดียโดยเริ่มต้นจากการได้สร้างตู้ PC/104-based Kiosk ขึ้นมาเป็นตัวแรก จนถึงวันนี้ได้มีบริษัทมากกว่า 100 แห่งที่เข้าร่วมกลุ่มสมาคม PC/104 Embedded Consortium เพื่อร่วมกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น Ethernet card, FireWire, hard drives, RAM drives, video cards, audio cards, general I/O, flash cards, modems, GPS, cellular telephone, wireless Internet และอีกมากมาย นอกจากนั้นยังมีอีกปัจจัยหนึ่งที่เป็นตัวกระตุ้นกลุ่มนักพัฒนาและผู้สนใจเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวคือการออกนิตยสารทางด้านระบบสมองกลฝังตัว ซึ่งเริ่มออกสู่สายตานักพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ.1988 ในชื่อว่า “Embedded Systems Programming” และเพิ่งมาเปลี่ยนชื่อเป็น “Embedded Systems Design” เมื่อปี ค.ศ. 2005 จนกระทั่งถึงปัจจุบัน

ดังนั้น สามารถสรุปนิยามของระบบสมองกลฝังตัวได้ว่า เป็นระบบที่ถูกออกแบบสำหรับใช้งานในวัตถุประสงค์เฉพาะด้านที่ไม่เหมือนกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานทั่วไปเพราะระบบสมองกลฝังตัวจะถูกกำหนดการทำงานตามความต้องการอย่างชัดเจนไว้ล่วงหน้าเรียบร้อยแล้ว ซึ่งคุณลักษณะของระบบสมองกลฝังตัวที่สำคัญได้แก่

1. เป็นการออกแบบเพื่อทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งโดยจะทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้
2. เป็นการประมวลผลแบบครั้งละงาน (Single Task)
3. สามารถเรียกใช้ได้หลายฟังก์ชันแต่ได้ทีละฟังก์ชันจนสำเร็จเท่านั้น
4. ราคาถูก
5. ใช้งานง่าย
6. มีจุดเชื่อมต่อน้อย ใช้งานง่าย
7. มีฟังก์ชันการทำงานที่เพียงพอและรวดเร็ว
8. ใช้พลังงานต่ำ
9. รองรับคำสั่งงานจากภายนอก
10. สามารถคำนวณได้แม่นยำและแสดงผลแบบ real-time

### 5.1.2 ความเป็นมาของระบบหุ่นยนต์

คำว่า “หุ่นยนต์” มาจากคำว่า ROBOT ศัพท์คำนี้ปรากฏขึ้นครั้งแรกที่ประเทศเชโกสโลวะเกีย ในปี ค.ศ.1920 จากการแสดงละครเวทีล้อเลียนที่ชื่อ Rossum’s Universal Robots โดย คาเรล คาเปก (Karel Capek) ได้ให้นิยามถึง หุ่นยนต์ คือ การแสดงล้อเลียนหรือการเลียนแบบให้คล้ายคลึงกับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ สำหรับในประเทศไทยมีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของคำว่า “หุ่นยนต์” ไว้ เช่น

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และ กฤษดา ใจเย็น (ม.ป.ป. : 23) ได้กล่าวว่า ในปัจจุบันความหมายของคำว่า “หุ่นยนต์” ไม่ได้อยู่ในวงจำกัดเฉพาะการเคลื่อนไหวที่คล้ายมนุษย์เท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการทำงานอย่างอัตโนมัติอีกด้วย

วิชาญ คำแสน (2555 : 1) ได้ให้ความหมายของหุ่นยนต์ไว้ว่า เป็นเครื่องจักรชนิดหนึ่งที่มีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติ (Automatic Machine) หรือกึ่งอัตโนมัติ (Semi Automatic Machine) สามารถสร้างโปรแกรมให้ทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง

อรณพ เรืองวิเศษ และกฤษดา วิศวธีรานนท์ (2558 : 2) ได้สรุปไว้ว่าหุ่นยนต์เป็นเครื่องจักรหรืออุปกรณ์อัตโนมัติ ที่สามารถทำงานหรือปฏิบัติตามจุดมุ่งหมายได้เอง

เดฟ จอห์นสัน (Dave Johnson. 2014 : 1-2) ได้ให้ความหมายของหุ่นยนต์ไว้ว่า เป็นเครื่องจักรที่สามารถตัดสินใจควบคุมตัวมันเองและทำงานได้อย่างอัตโนมัติภายใต้เงื่อนไขของโปรแกรมที่เรากำหนดขึ้น

จากความหมายของคำว่า “หุ่นยนต์” ดังกล่าวข้างต้น พอสรุปได้ว่า “หุ่นยนต์” หมายถึง เครื่องจักรกลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับสิ่งมีชีวิต สามารถทำงานด้วยตนเองหรืออัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ ภายใต้เงื่อนไขของโปรแกรมที่มนุษย์เป็นผู้กำหนด

### 5.1.3 ประเภทของหุ่นยนต์

วิชาญ คำแสน (2555 : 1) ได้กล่าวว่า แม้ว่าหุ่นยนต์จะได้รับการพัฒนามาเป็นลำดับในหลาย ๆ รูปแบบ แต่สามารถแบ่งประเภทของหุ่นยนต์ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. หุ่นยนต์ชนิดติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed Robot) หุ่นยนต์ประเภทนี้จะไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนได้ด้วยตนเอง แต่จะมีลักษณะเป็นแขนกล สามารถเคลื่อนไหวได้เฉพาะแต่ละข้อต่อภายในตัวเองเท่านั้น ส่วนมากมักจะถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานประกอบรถยนต์ เป็นต้น

2. หุ่นยนต์ชนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Robot) หุ่นยนต์ประเภทนี้จะสามารถเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ด้วยตนเอง บ้างก็เคลื่อนที่โดยการไถล้อ หรือบางแบบก็เคลื่อนที่โดยการไต่ขา ซึ่งหุ่นยนต์ประเภทนี้ ส่วนใหญ่ยังเป็นงานวิจัยที่อยู่ในห้องทดลอง เพื่อพัฒนาออกมาใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น หุ่นยนต์สำรวจดาวอังคาร ขององค์การนาซ่า เป็นต้น

### 5.1.4 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และกฤษฎา ใจเย็น (ม.ป.ป. : 23) ได้อธิบายถึงส่วนประกอบในหุ่นยนต์อัตโนมัติทั่วไปว่า จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ ส่วนควบคุม ส่วนตรวจจับหรือเซ็นเซอร์ ส่วนกลไกเคลื่อนไหว และส่วนที่เป็นแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งแต่ละส่วนจะมีรายละเอียด ดังนี้

#### 1. ส่วนควบคุมหรือสมองของหุ่นยนต์

คิโยฮิโร โนริอากิ (2556 : 136) ส่วนควบคุมหรือสมองของหุ่นยนต์นั้นเป็นส่วนที่ทำให้หุ่นยนต์ต่างจากเครื่องจักรธรรมดาทั่วไป ซึ่งสมองของหุ่นยนต์สามารถสร้างขึ้นด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน เช่น ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ เป็นวงจรอย่างง่าย แต่ข้อเสียของการสร้างสมองหุ่นยนต์ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญก็คือ การเชื่อมต่องานอย่างถาวร ซึ่งหากมีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมความสามารถของหุ่นยนต์ จะต้องตัดต่อสายหรือแม้กระทั่งต้องสร้างวงจรใหม่เลยทีเดียว ดังนั้นในปัจจุบัน การสร้างสมองของหุ่นยนต์จึงนิยมใช้ระบบคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากเมื่อใดที่ต้องการเปลี่ยนการทำงานของหุ่นยนต์

เราก็สามารถเชื่อมต่อวงจรสมองที่ประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมที่อยู่ภายในเท่านั้น

## 2. ส่วนตรวจจับหรือเซ็นเซอร์

กอร์ดอน แมคคอม (Gordon McComb. 2015 : 469-600) เซ็นเซอร์ที่ใช้กับหุ่นยนต์มีมากมายหลายหลายแบบ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับการชน ตรวจจับปริมาณแสง ตรวจจับอุณหภูมิ ตรวจจับควัน ตรวจจับระยะทาง ฯลฯ ซึ่งเราสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับหุ่นยนต์ของเราได้ทั้งสิ้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการสร้างหุ่นยนต์นั้น เนื่องจากเซ็นเซอร์จะทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณหรือการเปลี่ยนแปลงของปริมาณทางวิทยาศาสตร์ แล้วรายงานหรือแจ้งให้ส่วนควบคุมรับทราบ

เดฟ จอห์นสัน (Dave Johnson. 2017 : 9-10) เซ็นเซอร์ (Sensor) หรือตัวตรวจจับของหุ่นยนต์นั้น เปรียบเทียบได้กับประสาทสัมผัสของมนุษย์ เซ็นเซอร์จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมเพื่อรายงานให้ส่วนควบคุมทราบว่า สิ่งแวดล้อมเป็นอย่างไร เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับการชน จะทำหน้าที่ตรวจสอบว่ามีสิ่งใดขวางทางที่หุ่นยนต์กำลังจะเคลื่อนที่ไปหรือไม่ซึ่งข้อมูลนี้จะใช้ประกอบในการตัดสินใจของหุ่นยนต์ว่าจะเคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวางนี้อย่างไร

## 3. ส่วนกลไกเคลื่อนไหว

กลไกเคลื่อนไหวย่นนับได้ว่า เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ขาดไม่ได้เช่นกันสำหรับหุ่นยนต์ เพราะหุ่นยนต์ต้องมีการเคลื่อนไหวยจะเคลื่อนไหวยบางส่วนหรือทั้งหมดก็ได้ ซึ่งในกลไกที่ใช้เคลื่อนไหวยจะมีส่วนประกอบย่อยที่สำคัญ 2 ส่วนคือ แหล่งกำหนดการเคลื่อนไหวยและกลไกที่ทำให้เกิดการขับเคลื่อน

3.1 แหล่งกำเนิดการเคลื่อนไหวยของหุ่นยนต์ที่เป็นที่นิยมใช้และรู้จักกันดี คือ มอเตอร์ (Motor) มอเตอร์ที่นิยมใช้งานได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงธรรมดา เซอร์โวมอเตอร์และสตีปเปอร์มอเตอร์ ซึ่งมอเตอร์แต่ละแบบต่างก็ต้องการวงจรขับเฉพาะเป็นของตัวเองความต้องการพลังงานไฟฟ้าในการทำงานก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของมอเตอร์ ซึ่งจะส่งผลต่อแหล่งจ่ายไฟของหุ่นยนต์ด้วย

3.2 กลไกขับเคลื่อน ในการสร้างส่วนขับเคลื่อนของหุ่นยนต์นั้น เราสามารถนำมอเตอร์มาขับเคลื่อนหุ่นยนต์ได้โดยตรงหากมอเตอร์ตัวนั้นมีแรงบิดหรือทอร์ก (Torque) ที่มากพอ เช่น เซอร์โวมอเตอร์หรือสตีปเปอร์มอเตอร์ สำหรับมอเตอร์ไฟตรงแบบธรรมดาแม้มีความเร็วรอบสูงมาก ๆ แต่แรงบิดน้อย ทำให้การควบคุมยากและเมื่อนำไปใช้ขับเคลื่อนจะทำให้ไม่ดีเนื่องจากแรงบิดน้อย จึงไม่สามารถเอาชนะความฝืดของพื้นผิวที่หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปได้หุ่นยนต์จึงไม่เคลื่อนที่หรือถ้าเคลื่อนที่ได้ก็ไม่ดี ไม่สามารถไต่เนินลาดเอียงได้ การเลือกใช้มอเตอร์เป็นกลไกขับเคลื่อนจึงมีส่วนสำคัญมากในการแก้ปัญหา

#### 4. แหล่งจ่ายไฟ

ส่วนที่เป็นแหล่งจ่ายไฟ เป็นส่วนที่ทำให้หุ่นยนต์มีชีวิต กอร์ดอน แมคคอม (Gordon McComb. 2015 : 99) เนื่องจากหากไม่มีแหล่งจ่ายไฟ ทุกส่วนที่กล่าวมาก่อนหน้านี้จะไม่มีทางทำงานได้ สำหรับหุ่นยนต์ส่วนใหญ่ จะใช้แรงดันไฟตรงเป็นไฟเลี้ยง ระดับของแรงดันจะขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของส่วนควบคุมชนิดและขนาดของมอเตอร์เป็นหลัก แหล่งจ่ายไฟในหุ่นยนต์ส่วนมากมักเป็นแบตเตอรี่ (Battery) แบตเตอรี่ที่ให้มีทั้งแบบประจุแรงดันใหม่ได้และไม่ได้ ซึ่งราคาของมันก็จะแตกต่างกันออกไป รวมไปถึงชนิดของวัตถุดิบที่นำมาผลิตแบตเตอรี่ก็จะมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้า หากเป็นแบตเตอรี่ธรรมดาจะมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการจ่ายไฟฟ้า

##### 5.1.5 การใช้ระบบสมองกลฝังตัวและหุ่นยนต์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ในต่างประเทศ ซึ่ง มาร์ติน (Martin. 2013 : 129-140) ได้มีการศึกษาการนำระบบสมองกลฝังตัวและหุ่นยนต์ไปใช้สอนกับเด็กอายุ 10-13 ปี พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจในการเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับเรสนิคและออคโก (Resnick and Ocko. 2000 : 121-128 ; อ้างอิงจาก สุขิน เพ็ชรรักษ์. 2554 : 52-53) ที่ชี้ให้เห็นว่า การใช้กิจกรรมระบบสมองกลฝังตัวและหุ่นยนต์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ดีสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเฉพาะสาระสำคัญบางเรื่องในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี จะเกิดการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว

สำหรับในประเทศไทย ปัญญา นาแพงหมื่น (2552 : 211) ได้กล่าวถึงโครงการการนำกิจกรรมการสร้างหุ่นยนต์มาใช้ในหน่วยการทดลองของโครงการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของมูลนิธิศึกษาพัฒนา ที่ได้พยายามนำแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างชิ้นงาน (Constructionism Theory) เข้ามาเป็นทางเลือกหนึ่งในการจัดการศึกษาโดยเห็นว่ากิจกรรมเกี่ยวกับการสร้างหุ่นยนต์ เป็นกิจกรรมที่แสดงความรู้ให้เห็นเป็นรูปธรรมสามารถจับต้องได้

สุขิน เพ็ชรรักษ์ (2554 : 53-54) ได้อธิบายถึงการนำหุ่นยนต์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนว่า กลุ่มผู้เรียนซึ่งเป็นนักเรียน นักศึกษามหาลัยและครูให้ความสนใจการนำหุ่นยนต์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก เพราะได้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้จากการสัมผัสสื่อการเรียนรู้ด้วยมือของตนเอง และสามารถออกแบบสิ่งที่ต้องการสร้างได้อย่างหลากหลายตามความต้องการ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับระบบสมองกลฝังตัวและหุ่นยนต์ดังกล่าวข้างต้น เป็นการศึกษาเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเพิ่มเติมเกี่ยวกับความหมายประเภทส่วนประกอบหลักการทำงาน และการควบคุมการทำงานของระบบสมองกลฝังตัวและหุ่นยนต์ตลอดจนแนวคิดในการนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม ด้วยเหตุที่อุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมการเรียน

การสอนระบบสมองกลฝังตัวและหุ่นยนต์ในปัจจุบันนี้มีราคาค่อนข้างถูกลงเป็นอย่างมาก ดังนั้นการนำระบบสมองกลฝังตัวและหุ่นยนต์ไปใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้จึงเป็นที่นิยมแพร่หลายเป็นอย่างมาก

## 5.2 ศึกษาเอกสารตำราที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

เชชฎฤทธิ มณีธรรม (2560 : 1) ได้กล่าวถึงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ถือว่าเป็นบอร์ดยอดนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย ที่สามารถนำไปพัฒนาโปรเจกต์ (Project) ได้หลากหลาย เรียนรู้ได้ง่ายและเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino จะใช้ชิป AVR เป็นหลักไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ทุกรุ่น เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล AVR นั้นทันสมัย ในชิปบางตัวสามารถเชื่อมต่อผ่าน USB ได้โดยตรง สามารถใช้กับคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี และในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ยังมีส่วนของโปรแกรมพิเศษที่เรียกว่า บูตโหลดเดอร์ (Boot loader) โดยจะเป็นส่วนโปรแกรมที่จะถูกเรียกขึ้นมาก่อนการเรียกโปรแกรมปกติ ทำให้สามารถเขียนสั่งการทำงานได้ก่อนการเรียกโปรแกรมปกติ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino นั้นอาศัยส่วนโปรแกรมพิเศษนี้ในการทำให้ชิปสามารถโปรแกรมผ่านพอร์ตอนุกรมชนิด UART ได้จึงทำให้การเขียนโปรแกรมไปในชิปใช้เพียง USB ติดต่อกับ UART ก็สามารถทำงานได้

นพ มหิษานนท์ (2561 : 13) ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นภาษาอิตาลีเขียน โดยอ่านว่า อาดูอีโน่ จนเพี้ยนมาเป็น อาร์ดูโน่ ในภาษาอื่น ๆ โดย Arduino คือไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นแบบ Open-Source Platform สำหรับการสร้างต้นแบบโปรแกรมการทำงานของวงจร ซึ่งจะมีส่วนประกอบเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แนนอนเครื่องใช้ไฟฟ้าแทบจะทุกชนิด ตั้งแต่ไม้ขีดตุงไปจนถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างก็ต้องมีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูก Upload โปรแกรมการทำงานตามคุณสมบัติที่ผู้ออกแบบต้องการ แต่คำว่า “ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Open-Source Platform” เป็นความพิเศษที่เป็นข้อดีของบอร์ด Arduino คือเปิดกว้างให้ผู้คนสามารถพัฒนาและประยุกต์การใช้งานอย่างเสรี ไม่มีลิขสิทธิ์ จึงทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่รู้จักและนิยมนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และที่สำคัญ Platform ของไมโครคอนโทรลเลอร์อย่าง Arduino ที่ง่ายต่อการนำไปใช้งาน ซึ่งถือเป็นจุดมุ่งหมายของการสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับผู้คนทั่วโลก “โดยเฉพาะเด็ก ๆ ที่มีความสนใจในเทคโนโลยี” ทำให้บอร์ด Arduino ถูกพัฒนาด้วยความร่วมมือจากคนทั่วโลก และจำหน่ายในราคาที่เด็ก ๆ สามารถจับต้องได้ไม่ยากเท่าใดนัก

ข้อดีอีกข้อหนึ่งที่สำคัญของบอร์ด Arduino คือ เป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก ขนาดใกล้เคียงกันกับบัตรประชาชน (หรืออาจจะเล็กกว่าด้วยซ้ำ) โดยส่วนประกอบหลักของบอร์ดคือไมโครคอนโทรลเลอร์ และนำมาประกอบรวมกันกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ และถูกพัฒนาให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งทั้งนี้บอร์ด Arduino จะมีหลากหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยแต่ละรุ่นของ Arduino อาจมีความแตกต่างกัน เริ่มจากขนาดของบอร์ด หรือสเปกซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษอย่างอื่น

เช่น จำนวนของขา (Pin) แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ แรงดันไฟฟ้าที่ Output หรือประสิทธิภาพของบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์

### 5.2.1 ซอฟต์แวร์ Arduino

ซอฟต์แวร์ Arduino ถูกสร้างขึ้นมาจากภาษา Arduino นั่นก็คือ ภาษา C/C++ เราจะต้องใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการสร้างและเขียนโปรแกรม ชุดคำสั่ง “Sketch Code” โดยใช้ภาษา C ผ่านโปรแกรม Arduino IDE หรือ Arduino Web Editor ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งในการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็นไปตามที่เราต้องการ โดยทั้งนี้เครื่องมืออย่างโปรแกรม Arduino IDE และ Arduino Web Editor จะสามารถรวบรวมและยืนยันโปรแกรมชุดคำสั่ง Sketch Code ได้ ซึ่งหาก Sketch Code มีความผิดพลาดหรือเขียนภาษา C ไม่รู้เรื่องหรือโปรแกรมไม่มีความเข้าใจในสิ่งที่เราเขียนขึ้น ระบบจะมีการแจ้งเตือนให้เราทำการแก้ไขในบรรทัดที่ผิดหรือบรรทัดที่ระบบไม่เข้าใจทันที และขั้นตอนสุดท้ายในการทำงานของซอฟต์แวร์ Arduino คือ การ Upload Sketch Code ไปยังบอร์ด Arduino หมายถึงการ Upload โปรแกรมชุดคำสั่ง (Sketch Code) ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ของบอร์ด Arduino เพื่อที่จะให้บอร์ดส่ง-รับสัญญาณ Data หรือสัญญาณไฟ 3V หรือ 5V ไปยังวงจรโมดูลอิเล็กทรอนิกส์ที่เชื่อมต่ออยู่และควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามที่เราต้องการ

### 5.2.2 โปรแกรม Arduino IDE

โปรแกรม Arduino IDE คือ ซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อรองรับการใช้งานบอร์ด Arduino สำหรับการเขียนหรือสร้างโปรแกรมชุดคำสั่งหรือ Sketch Code เรียกว่า Verify “การตรวจสอบหรือการยืนยัน Sketch Code” หรือ Compile “การประมวลผล Sketch Code” และสำหรับขั้นตอนการ Upload Sketch Code ที่ผ่านการ Verify หรือ Compile ในสถานะ Success แล้ว ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ของบอร์ด Arduino เพื่อให้เกิดการตอบสนองของชุดโมดูลอิเล็กทรอนิกส์ ตามโปรแกรม Sketch Code ได้กำหนดไว้ “ไฟติด ไฟดับ ก็มีลลิวินาที ดับก็มีลลิวินาที วนซ้ำภายในกี่วินาที”

นอกจากนี้โปรแกรม Arduino IDE ยังสามารถแสดงค่าการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ของบอร์ด Arduino ได้อีกด้วย โปรแกรม Arduino IDE จะมีโหมด Serial Monitor สำหรับแสดงค่าเป็นตัวเลข และ Serial Plotter สำหรับแสดงค่าเป็นกราฟเส้น ซึ่งผู้ใช้งานสามารถดูค่าตัวเลขและกราฟเส้นเหล่านี้ได้ที่เมนู Tools เช่น หากเราเขียน Sketch Code เพื่อใช้ให้บอร์ด Arduino รับสัญญาณจาก Temperature Humidity Sensor Module (เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น) บอร์ด Arduino จะทำการแปรสัญญาณ Data เป็นตัวเลขและแสดงใน Serial Monitor ซึ่งเราจะสามารถดูค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นที่เซ็นเซอร์วัดได้แบบ Real Time หรือหากเราเขียน Sketch Code เพื่อ Code เพื่อให้บอร์ด Arduino รับสัญญาณจาก Heartbeat Sensor

Module (เซ็นเซอร์ตรวจวัดชีพจร) บอร์ด Arduino จะทำการแปรสัญญาณ Data เป็นเส้นกราฟซึ่งเราสามารถดูค่าการเต้นของสัญญาณชีพได้แบบ Real Time เช่นกัน

### 5.2.3 Arduino Web Editor

Arduino Web Editor คือ เว็บเพจหนึ่งของเว็บไซต์ [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) โดยอยู่ที่ Link <https://create.arduino.cc/> ซึ่งเว็บเพจนี้เปรียบเสมือนกับโปรแกรม Arduino IDE ทุกประการ และสามารถใช้งานเหมือนกันทุกอย่าง Verify หรือ Compile และ Upload Sketch Code ไปยังบอร์ด Arduino ได้เช่นเดียวกับโปรแกรม Arduino IDE เพียงแต่ Arduino Web Editor เป็นเครื่องมือที่อำนวยความสะดวกให้แก่การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเกิดขึ้นได้ทุกที่ เราสามารถ Upload Sketch Code ไปยังบอร์ด ได้ทุกที่ทุกเวลา โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE บนระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เลยแต่อย่างใด

### 5.2.4 Sketch Code

Sketch คือ แบบร่าง ถ้าเป็น Sketch Code ก็คือ แบบร่างรหัส ซึ่งเป็นภาษา Arduino หรือก็คือภาษา C/C++ โดย Sketch Code คือ โปรแกรมชุดคำสั่งที่ Upload ไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ให้สั่ง-รับสัญญาณไปยังโมดูลอิเล็กทรอนิกส์ ตามที่เราได้กำหนดในโปรแกรมชุดคำสั่ง อยากจะให้สวิตซ์ติด ก็ใช้ภาษา C เขียนลงไปใน Sketch Code หรืออยากให้ไฟ LED กระพริบ แล้วติดค่างที่มีลลิวินาที ก็เขียนลงไปใน Sketch Code สำคัญที่สุด ภาษา C ที่เราใช้เขียนประกอบขึ้นเป็น Sketch Code บอร์ด Arduino จะต้องเข้าใจในโปรแกรมชุดคำสั่งของเรา ถ้าบอร์ดมันไม่เข้าใจภาษา C ของเรามันก็ไม่ต่างอะไรกับก้อนหินก้อนหนึ่ง

Arduino ถือว่ากำลังได้รับความนิยมและกลายเป็นสิ่งที่น่าสนใจ โดยเฉพาะนักอิเล็กทรอนิกส์ทั้งมือใหม่และระดับมืออาชีพ โดยจะมีการเผยแพร่ประสบการณ์เกี่ยวกับ Arduino บนโลกอินเทอร์เน็ต ทำให้เราสามารถค้นคว้า เรียนรู้วิธีแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ง่าย หรือแม้แต่วิธีใช้งาน หรือการสร้างโปรเจกต์มากมาย สิ่งเหล่านี้ถือเป็นแรงบันดาลใจที่สำคัญที่เกิดขึ้นกับนักเขียนโปรแกรมมือใหม่ นอกจากนี้บอร์ด Arduino ยังเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พร้อมใช้งานได้ทันที เพราะบอร์ด Arduino ติดตั้งอุปกรณ์จำเป็นพื้นฐานมาให้เรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะมีความแตกต่างจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น ๆ ที่จะต้องจัดหาและจัดซื้ออุปกรณ์อื่น ๆ มาติดตั้งเพิ่มเติม

Arduino สามารถเขียนโปรแกรมชุดคำสั่ง หรือ Sketch Code ด้วยไวยากรณ์ภาษา C/C++ ซึ่งแน่นอนมันง่ายสำหรับผู้ที่มีพื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมอยู่บ้างแล้ว หรือสำหรับผู้ที่ไม่เคยเขียนโปรแกรมมาก่อนเลย ก็สามารถเริ่มต้นศึกษาภาษา C อย่างจริงจังโดยการศึกษาจาก Sketch Code ที่ถูกต้องและสมบูรณ์ใช้งานได้ดี และนำไปเปรียบเทียบกับคู่มือหรือตำราการใช้ภาษา C ซึ่งจะทำให้การศึกษาเรียนรู้ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับภาษา C จะง่ายขึ้น และจุดเด่นอีกอย่าง



หนึ่งของการเป็น Open-Source สำหรับ Arduino คือ Libraries ทำให้ไม่ยากบนอินเทอร์เน็ต ซึ่งมี Library ให้เลือกใช้มากมาย ทำให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น

สรุปเห็นผลที่ทำให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ได้รับความนิยมสูงสุด คือ เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ราคาไม่แพงมากเกินไป และสำหรับเด็กที่ต้องการพื้นฐานที่สำคัญเกี่ยวกับเทคโนโลยีและการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino จะช่วยเติมเต็มความคิดและความฝันของเด็กกับเทคโนโลยีที่ไม่เคยหยุดพัฒนาได้อย่างไร้ขีดจำกัด

### 5.3 ศึกษาเอกสารตำราที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

#### Arduino

ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ว่าจะเป็นตระกูลใดก็ตามจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีชุดคำสั่งที่สั่งให้ทำงานตามที่ต้องการที่เรียกว่าโปรแกรม โดยคำสั่งหรือโปรแกรมที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าใจและสามารถทำงานได้อยู่ในรูปของรหัสลอจิก 0 และ 1 หากนำลอจิกมาจับกลุ่มก็เป็นเลขฐาน 16 ที่เรียกว่าภาษาเครื่องซึ่งภาษาเครื่องเป็นภาษาที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าใจได้เนื่องจากเป็นเลขฐาน 16 ทั้งหมด ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมจึงจำเป็นต้องใช้ภาษาที่มนุษย์สามารถเข้าใจได้ โดยภาษาที่มนุษย์เข้าใจได้และใกล้เคียงกับภาษาเครื่องมากที่สุดคือภาษาแอสเซมบลี แต่เนื่องจากการพัฒนาชิ้นงานโดยใช้ภาษาแอสเซมบลีเป็นไปได้ยากและมีความซับซ้อน เพื่อให้ง่ายและรวดเร็วต่อการพัฒนาโปรแกรมใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ภาษาที่เหมาะสมคือภาษา C ประภาส สุวรรณเพชร (ม.ป.ป. : 22-44) ได้กล่าวถึงภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### 5.3.1 โครงสร้างของภาษา C

ภาษา C เป็นภาษาที่ได้รับความนิยมสูงเป็นภาษาโครงสร้างง่ายต่อการทำความเข้าใจและง่ายต่อการนำไปพัฒนาต่อสามารถเขียนโปรแกรมแยกเป็นส่วน ๆ โดยแต่ละส่วนสามารถเรียกใช้งานได้จากส่วนอื่นของโปรแกรมทำให้สามารถแบ่งงานให้หลายคนไปพัฒนาได้ การเขียนโปรแกรมเป็นส่วน ๆ เรียกว่าฟังก์ชัน โครงสร้างของภาษา C มีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ ส่วนหัวของโปรแกรมและส่วนตัวของโปรแกรมส่วนหัวโปรแกรมจะมีฟังก์ชันหลักชื่อว่า main( ) เพื่อเป็นส่วนหลักในการทำงาน และอาจมีฟังก์ชันอื่นที่ผู้ใช้เขียนขึ้นเพื่อใช้งานเรียกว่าฟังก์ชันรอง



ภาพที่ 10 โครงสร้างภาษา C

ที่มา : ประภาส สุวรรณเพชร. (ม.ป.ป.)

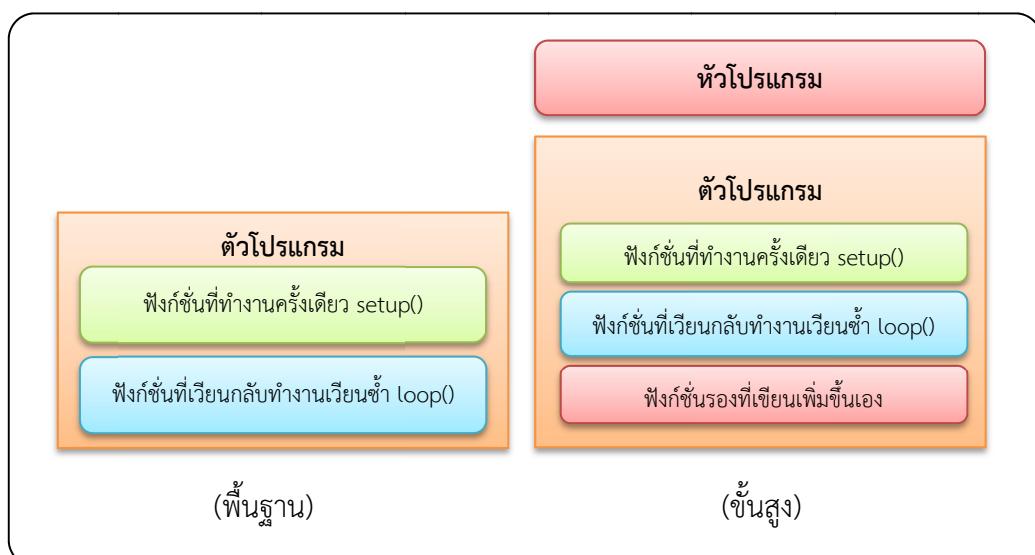
### 5.3.2 โครงสร้างของภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

โครงสร้างภาษา C สำหรับ Arduino ถูกจัดใหม่ให้ง่ายต่อผู้ใช้งานเบื้องต้นซึ่งผู้ออกแบบได้จัดวางให้ผู้ใช้งานได้ใช้งานง่ายซึ่งโครงสร้างหลัก ๆ จะมีเพียง 2 ส่วนเท่านั้น คือ

1. setup เป็นส่วนที่เก็บฟังก์ชันที่ทำงานครั้งเดียว

2. loop เป็นส่วนที่เก็บฟังก์ชันที่เมื่อทำงานครบแล้วจะวนกลับมาทำซ้ำใหม่

ตั้งแต่ต้น แต่ถ้าต้องการเขียนโปรแกรมขั้นสูงสามารถเขียนในส่วนหัวโปรแกรมและส่วนของฟังก์ชันรองที่เขียนขึ้นใช้งานเองเพื่อให้ใช้งานสะดวกมากยิ่งขึ้นได้เช่นเดียวกับภาษา C มาตรฐาน



ภาพที่ 11 โครงสร้างภาษา C สำหรับ Arduino

ที่มา : ประภาส สุวรรณเพชร. (ม.ป.ป.)

### 5.3.3 ตัวแปรในภาษา C

การประกาศตัวแปร คือ การจองพื้นที่ในหน่วยความจำเพื่อนำไปใช้งานในฟังก์ชัน โดยการใช้ชื่อตัวแปรแทนการกำหนดเป็นค่าแอดเดรสของหน่วยความจำ รูปแบบของการประกาศตัวแปรเป็นดังนี้

ชนิดของตัวแปร                      ชื่อตัวแปร;

หรือ                      ชนิดของตัวแปร                      ชื่อตัวแปรที่ 1, ชื่อตัวแปรที่ 2, ..... ;

### 5.3.4 หลักการตั้งชื่อตัวแปรในภาษา C

หลักการตั้งชื่อตัวแปร มีข้อกำหนดหลัก ๆ อยู่ 4 ประการด้วยกันคือ

1. ชื่อที่ตั้งต้องไม่ซ้ำกับคำสงวนของภาษา C (คำที่ภาษา C มีใช้งานอยู่แล้ว)
2. การใช้ตัวอักษรใหญ่กับตัวอักษรเล็กถือว่าเป็นคนละตัว
3. ตัวแรกของชื่อตัวแปรต้องเป็นตัวอักษรเท่านั้นตัวถัดไปเป็นตัวเลขได้
4. ชื่อตัวแปรห้ามเว้นวรรค

### 5.3.5 ชนิดของตัวแปรในภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

ตารางที่ 7 ชนิดของตัวแปรในภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

ชนิด	ขนาด		ขอบเขต
	บิต	ไบต์	
Boolean	8	1	true, false
char	8	1	-128 ถึง +127
unsigned char	8	1	0 ถึง 255
byte	8	1	0 ถึง 255
int	16	2	-32768 ถึง +32767
unsigned int	16	2	0 ถึง 65535
long	32	4	-2147483648 ถึง +2147483647
unsigned long	32	4	0 ถึง 4294967295
float	32	4	$\pm 3.4E\pm 38$ (~7 digits)
double	64	8	$\pm 1.7E\pm 308$ (~15 digits)

### 5.3.6 พอยน์เตอร์

พอยน์เตอร์เป็นตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลของตัวแปรอื่นที่เก็บในหน่วยความจำ โดยตัวพอยน์เตอร์เป็นตัวเก็บตำแหน่งแทนการเก็บข้อมูล ในการใช้งานพอยน์เตอร์จะใช้เครื่องหมาย \* นำหน้าและใช้เครื่องหมาย & เมื่อต้องการค่าตำแหน่งของตัวแปรอื่นโดยมีรูปแบบดังนี้

รูปแบบ

ชนิดของตัวแปร \* ชื่อตัวแปร;

### 5.3.7 อาร์เรย์

อาร์เรย์เป็นการเพิ่มความสามารถในการเก็บข้อมูลของตัวแปรให้สามารถเก็บเป็นชุดได้ โดยใช้ชื่อตัวแปรเดิมได้ การใช้งานตัวแปรอาร์เรย์จะใช้เครื่องหมาย [ ] ต่อท้ายตัวแปรโดยภายในวงเล็บเป็นตัวเลข ซึ่งสามารถใช้งานได้หลายมิติ มีรูปแบบดังนี้

รูปแบบ

ชนิดของตัวแปร ชื่อตัวแปร[ตัวเลข]; // เป็นอาร์เรย์ 1 มิติ  
 ชนิดของตัวแปร ชื่อตัวแปร[ตัวเลข,ตัวเลข]; // เป็นอาร์เรย์ 2 มิติ  
 ชนิดของตัวแปร ชื่อตัวแปร[ตัวเลข,ตัวเลข,ตัวเลข]; // เป็นอาร์เรย์ 3 มิติ

### 5.3.8 ตัวดำเนินการในภาษา C

ตัวดำเนินการในภาษา C แบ่งตามลักษณะการกระทำ ได้ 5 กลุ่มด้วยกัน คือ

1. ตัวกระทำทางคณิตศาสตร์
2. ตัวกระทำทางลอจิกระดับบิต
3. ตัวกระทำบูลีน
4. ตัวกระทำเปรียบเทียบ
5. ตัวกระทำประสม

โดยในแต่ละลักษณะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8 ตัวกระทำทางคณิตศาสตร์

เครื่องหมาย	การกระทำ	ตัวอย่าง	คำอธิบาย
+	บวก	$x=y+z;$	x เท่ากับค่าในตัวแปร y บวกกับค่าในตัวแปร z
-	ลบ	$x=y-z;$	x เท่ากับค่าในตัวแปร y ลบด้วยค่าในตัวแปร z
*	คูณ	$x=y*z;$	x เท่ากับค่าในตัวแปร y คูณด้วยค่าในตัวแปร z
/	หาร	$x=y/z;$	x เท่ากับค่าในตัวแปร y หารด้วยค่าในตัวแปร z
%	หารเอาเศษ	$x=y\%z;$	x เท่ากับเศษของการหารระหว่างตัวแปร y กับตัวแปร z

ตารางที่ 9 ตัวกระทำทางลอจิก

เครื่องหมาย	การกระทำ	ตัวอย่าง	คำอธิบาย
&	แอนด์	$x=y\&z;$	x เท่ากับค่าในตัวแปร y แอนด์กับค่าในตัวแปร z
	ออร์	$x=y z;$	x เท่ากับค่าในตัวแปร y ออร์กับค่าในตัวแปร z
^	เอ็กซ์คลูซีฟออร์	$x=y\^z;$	x เท่ากับค่าในตัวแปร y เอ็กซ์คลูซีฟออร์กับ z
~	วันคอมพลีเมนต์	$x=\sim y;$	x เท่ากับค่าตรงข้ามของค่าในตัวแปร y
<<	เลื่อนไปทางซ้าย	$x=x<<1;$	เลื่อนข้อมูลใน x ไปทางซ้ายไป 1 บิต
>>	เลื่อนไปทางขวา	$x=x>>2;$	เลื่อนข้อมูลใน x ไปทางขวาไป 2 บิต

ตารางที่ 10 ตัวกระทำบูลีน

เครื่องหมาย	การกระทำ	คำอธิบาย
&&	แอนด์	เชื่อมเงื่อนไข 2 เงื่อนไขด้วยคำว่า “และ”
	ออร์	เชื่อมเงื่อนไข 2 เงื่อนไขด้วยคำว่า “หรือ”
!	อินเวอร์ส	ใช้ตรวจสอบตัวแปรว่าเท่ากับศูนย์หรือไม่เช่น <code>if (!x)</code>

ตารางที่ 11 ตัวกระทำการเปรียบเทียบ

เครื่องหมาย	การกระทำ	ตัวอย่าง	คำอธิบาย
>	มากกว่า	if(x>10)	x มากกว่า 10 ใช่หรือไม่
<	น้อยกว่า	if(x<10)	x น้อยกว่า 10 ใช่หรือไม่
>=	มากกว่าหรือเท่ากับ	if(x>=10)	x มากกว่าหรือเท่ากับ 10 ใช่หรือไม่
<=	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	if(x<=10)	x น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 ใช่หรือไม่
==	เท่ากับ	if(x==10)	x เท่ากับ 10 ใช่หรือไม่
!=	ไม่เท่ากับ	if(x!=10)	x ไม่เท่ากับ 10 ใช่หรือไม่

### 5.3.9 ไวยากรณ์ภาษา C

1. ประกาศชื่อแทน เป็นการประกาศใช้ชื่ออื่นแทนค่าที่ต้องการเพื่อให้สะดวกต่อการเขียนโปรแกรม รูปแบบเป็นดังนี้

```
#define constantName value
```

constantName: ชื่อที่ต้องการกำหนดตั้ง

value: ค่าที่ต้องการกำหนดให้ชื่อนี้มีค่าเท่ากับ

2. การรวมไฟล์อื่นเข้ามารวมเป็นการประกาศไฟล์อื่น ๆ เข้ามารวมกับตัวโปรแกรมก่อนการคอมไพล์ รูปแบบเป็นดังนี้

```
#include <file>
```

```
#include "file"
```

file: ชื่อไฟล์ที่ต้องการนำเข้ามารวมกับโค้ดโปรแกรมที่กำลังเขียนขึ้น

3. การใส่หมายเหตุลงในโค้ดโปรแกรม เป็นการใส่ข้อความใด ๆ ลงในโค้ดโปรแกรมเพื่อที่จะอธิบายโปรแกรมหรือเพื่อบันทึกความจำว่าโค้ดในตำแหน่งนั้น ๆ เขียนขึ้นเพื่อประสงค์สิ่งใด การใส่หมายเหตุจะต้องใส่เครื่องหมายเพื่อให้คอมไพเลอร์ข้ามการคอมไพล์ในส่วนนี้ รูปแบบเป็นดังนี้

//..... ใช้ในกรณีบรรทัดเดียว

/\*.....\*/ ใช้ในกรณีหลายบรรทัด

4. การใส่เครื่องหมายท้ายคำสั่งภาษาซี เป็นภาษาที่มีการใส่เครื่องหมายท้ายฟังก์ชันซึ่งเป็นสิ่งที่แตกต่างและโดดเด่นกว่าโปรแกรมในภาษาอื่น ๆ โดยมีหลักคิดดังนี้

; สำหรับคำสั่งที่ทำงานเสร็จสิ้นในตัว

{ } สำหรับคำสั่งที่มีคำสั่งอื่นรวมเข้าไปด้วยกัน

### 5.3.10 คำสั่งภาษาซีการดำเนินการแบบทางเลือก

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในสิ่งที่ต้องการ นอกจากคำสั่งภาษาซีที่สั่งให้ทำงานเป็นลำดับแล้ว จำเป็นต้องใช้คำสั่งภาษาซีที่มีการทำงานแบบให้เลือกเส้นทางการทำงาน โดยการทำตามเงื่อนไข หรือการให้ทำซ้ำ แบบมีเงื่อนไขหรือไม่มีเงื่อนไข โดยคำสั่งที่มีการทำงานแบบทางเลือกในภาษาซี มีด้วยกัน 4 คำสั่ง คือ

1. คำสั่ง if เป็นคำสั่งที่มีการตรวจสอบเงื่อนไข โดยถ้าเงื่อนไขเป็นจริงจะทำงานตามชุดคำสั่งที่กำหนดไว้ รูปแบบเป็นดังนี้

if (เงื่อนไขที่ตรวจสอบ)

2. คำสั่ง if-else เป็นคำสั่งสำหรับการตรวจสอบเงื่อนไขที่มีชุดคำสั่งให้ทำงานเมื่อเงื่อนไขเป็นจริงและมีชุดคำสั่งให้ทำงานเมื่อเงื่อนไขเป็นเท็จ เราจะใช้คำสั่ง if-else มาใช้งาน มีรูปแบบดังนี้

if (เงื่อนไขที่ตรวจสอบ) else

3. คำสั่ง if-else if-else เป็นคำสั่งที่มีการตรวจสอบเงื่อนไขหลายเงื่อนไข และมีชุดคำสั่งที่เตรียมให้ทำงานในแต่ละเงื่อนไขหากเงื่อนไขนั้น ๆ ถูกต้อง

```
if (เงื่อนไขที่ตรวจสอบ) else if (เงื่อนไขที่ตรวจสอบ)
```

4. คำสั่ง switch เป็นคำสั่งหลายทางเลือกอีกคำสั่งหนึ่งที่มีการทำงานคล้าย ๆ คำสั่ง if-else if...else ต่างตรงที่การตรวจสอบเงื่อนไขจะใช้การตรวจสอบการเท่ากันของตัวแปรที่ใช้ตรวจสอบเท่านั้น โดยเมื่อตรวจสอบค่าแล้วเท่ากับค่าที่กำหนดให้ทำคำสั่งที่เตรียมไว้

### 5.3.11 คำสั่งภาษาซีการดำเนินการแบบวนซ้ำ

การเขียนโปรแกรมสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องมีการทำงานแบบวนซ้ำ หรือวนรอบ เพื่อที่จะทำงานในชุดคำสั่งเดิม ลักษณะการทำงานมีทั้งแบบมีเงื่อนไขหรือไม่มีเงื่อนไข ในภาษาซี มีคำสั่งสำหรับสั่งงานให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานซ้ำ มีดังนี้

1. คำสั่ง for เป็นคำสั่งที่ใช้ในกรณีที่เราทราบจำนวนรอบที่จะทำงานซ้ำ โดยมีรูปแบบดังนี้

```
for(ค่าเริ่มต้น;เงื่อนไข;เพิ่มหรือลดค่า )
{
    //ชุดคำสั่งที่ต้องการทำซ้ำ
}
```

2. คำสั่ง while เป็นคำสั่งที่ให้ทำงานวนซ้ำ หรือวนรอบการทำงานโดยมีการตรวจสอบเงื่อนไขก่อนถ้าหากเงื่อนไขเป็นจริงจะทำงานตามชุดคำสั่งที่เตรียมไว้ เมื่อทำงานในชุดคำสั่งที่เตรียมไว้เสร็จจะมีการวนกลับไปตรวจสอบเงื่อนไขอีก หากเงื่อนไขเป็นจริงจะทำงานในชุดคำสั่งที่เตรียมไว้โดยทำแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าเงื่อนไขจะเป็นเท็จจะออกจากวงรอบการทำงานซ้ำ โดยมีรูปแบบดังนี้

```
while(เงื่อนไข )
{
    //ชุดคำสั่งที่ต้องการทำซ้ำ
}
```



3. คำสั่ง while(1) เป็นคำสั่งที่ให้ทำงานวนซ้ำ หรือวนรอบไม่รู้จบ เนื่องจาก 1 คือเป็นจริงตลอดไปในโปรแกรม Arduino ก็คือฟังก์ชัน loop( ) นั่นเอง

```
while(1)
{
    //ชุดคำสั่งที่ต้องการทำซ้ำ
}
```

4. คำสั่ง do-while เป็นคำสั่งที่ให้ทำงานวนซ้ำหรือวนรอบ โดยมีการตรวจสอบเงื่อนไขการทำงานคล้ายกับคำสั่ง while ต่างตรงที่ฟังก์ชัน do-while จะทำงานในชุดคำสั่งที่เตรียมไว้ทำซ้ำไปก่อน 1 รอบแล้วจึงตรวจสอบเงื่อนไข

```
do
{
    //ชุดคำสั่งที่ต้องการทำซ้ำ
} while(เงื่อนไข)
```

## 6. การหาประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556 : 3-12) ได้ให้ความหมายและรายละเอียดสำหรับการหาประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### 6.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

#### 6.1.1 ความหมายของประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง สภาวะหรือคุณภาพของสมรรถนะในการดำเนินงานเพื่อให้งานมีความสำเร็จโดยใช้เวลา ความพยายาม และค่าใช้จ่ายคุ้มค่าที่สุดตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นอัตราส่วนหรือร้อยละระหว่างปัจจัยนำเข้า กระบวนการและผลลัพธ์ (Ratio between input, process and output)

#### 6.1.2 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจึงหมายถึงการหาคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอน โดยพิจารณาตามขั้นตอนของ การพัฒนาสื่อหรือชุดการสอนแต่ละขั้น ตรงกับภาษาอังกฤษว่า “Developmental Testing” Developmental Testing คือ การทดสอบคุณภาพ

ตามพัฒนาการของการผลิตสื่อหรือชุดการสอนตามลำดับขั้นเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของแต่ละองค์ประกอบของต้นแบบชิ้นงานให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการผลิตสื่อและชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพการสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดีและการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาทำการปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะผลิตออกมาเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

1. การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดลองประสิทธิภาพ ใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบ เพื่อปรับปรุง ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่าเกณฑ์ ที่กำหนดไว้และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2. การทดสอบประสิทธิภาพ สอนจริง หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพใช้และปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วยทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์การเรียนที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาคการศึกษา เป็นอย่างน้อยเพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนจะนำไปเผยแพร่และผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก การทดสอบประสิทธิภาพทั้งสองขั้นตอนจะต้องผ่านการวิจัยเชิงวิจัยและพัฒนา (Research and Development-R&D) โดยต้องดำเนินการวิจัยในขั้นทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นและอาจทดสอบประสิทธิภาพซ้ำในขั้นทดสอบประสิทธิภาพใช้จริงด้วยก็ได้

## 6.2 ความจำเป็นที่จะต้องหาประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนมีความจำเป็นด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

**6.2.1 สำหรับหน่วยงานผลิตสื่อหรือชุดการสอน** การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อจะช่วยประกันคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นสูงเหมาะสมที่จะลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการทดสอบประสิทธิภาพเสียก่อนแล้วเมื่อผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ดีก็ต้องผลิตหรือทำขึ้นใหม่เป็นการสิ้นเปลืองทั้งเวลา แรงงานและเงินทอง

**6.2.2 สำหรับผู้ใช้สื่อหรือชุดการสอนสื่อหรือชุดการสอน** ที่ได้ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพจะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสอนได้ดีในการสร้างสภาพการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่มุ่งหวัง ดังนั้น ก่อนนำสื่อหรือชุดการสอนไปใช้จริงจึงควรมั่นใจว่า ชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการ ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนจริงการทดสอบประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้เราได้สื่อหรือชุดการสอนที่มีคุณค่าทางการสอนจริงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

**6.2.3 สำหรับผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอน** การทดสอบประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ผลิตมีความมั่นใจได้ว่าเนื้อหาสาระที่บรรจุลงในสื่อหรือชุดการสอนมีความเหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจอันจะช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญสูงขึ้น เป็นการประหยัดแรงสมอง แรงงาน เวลาและเงินทองในการเตรียมต้นแบบ

### 6.3 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

**6.3.1 ความหมายของเกณฑ์ (Criterion)** เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่าสิ่งใดหรือ พฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียวเพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นตอนที่ตั้งไว้จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้ เช่น เมื่อมีการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว ตั้งเกณฑ์ไว้ 60/60 แบบกลุ่ม ตั้งไว้ 70/70 ส่วนแบบสนาม ตั้งไว้ 80/80 ถือว่า เป็นการตั้งเกณฑ์ที่ไม่ถูกต้อง อนึ่งเนื่องจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้เป็นเกณฑ์ต่ำสุด ดังนั้นหากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ย่อมมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อนต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ก็ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด

**6.3.2 ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ** หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มีความคุ้มค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_1 = \text{Efficiency of Process}$  (ประสิทธิภาพที่เกิดจากกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_2 = \text{Efficiency of Product}$  (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานที่กำหนดและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ  $E_1/E_2 = \text{ประสิทธิภาพ ของกระบวนการหรือประสิทธิภาพของผลลัพธ์}$  ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่าเมื่อเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนแล้ว ผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติหรืองานได้ผลเฉลี่ย 80% และทำการประเมินหลังเรียนและงานสุดท้ายได้ผลเฉลี่ย 80% การจะกำหนดเกณฑ์  $E_1/E_2$  ให้มีค่าเท่าใดนั้นให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยพิจารณาพิสัยการเรียนรู้ที่จำแนกเป็นวิทย์พิสัย (Cognitive Domain) จิตพิสัย (Affective Domain) และทักษะพิสัย (Skill Domain)

## 6.4 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556 : 10) การคำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพ กระทำได้ 2 วิธี คือ โดยใช้สูตรและโดยการคำนวณธรรมดา

### 6.4.1 โดยใช้สูตร กระทำได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\text{สูตรที่ 1} \quad E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{X}}{A} \times 100$$

เมื่อ  $E_1$  คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ  
 $\sum X$  คือ คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำ  
 ระหว่างเรียนทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์  
 $A$  คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติทุกชิ้นรวมกัน  
 $N$  คือ จำนวนผู้เรียน

$$\text{สูตรที่ 2} \quad E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{F}}{B} \times 100$$

เมื่อ  $E_2$  คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์  
 $\sum F$  คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน  
 $B$  คือ คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วย  
 ประกอบด้วยหลังเรียนและคะแนนจากการประเมินงาน  
 สุดท้าย  
 $N$  คือ จำนวนผู้เรียน

### 6.4.2 โดยใช้วิธีการคำนวณโดยไม่ใช้สูตร

หากจำสูตรไม่ได้หรือไม่อยากใช้สูตร ผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนก็สามารถใช้วิธีการคำนวณธรรมดาหาค่า  $E_1$  และ  $E_2$  ได้ด้วยวิธีการคำนวณธรรมดา สำหรับ  $E_1$  คือค่าประสิทธิภาพของงานและแบบฝึกปฏิบัติกระทำได้โดยการนำคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนในแต่ละกิจกรรมแต่ละคนมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบส่วนโดยเป็นร้อยละ สำหรับค่า  $E_2$  คือประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียนของแต่ละสื่อหรือชุดการสอน กระทำได้โดยการเอาคะแนนจากการสอบหลังเรียนและคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียน ทั้งหมดรวมกันหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบส่วนร้อยเพื่อหาค่าร้อยละ

## 6.5 การตีความหมายผลการคำนวณ

หลังจากคำนวณหาค่า  $E_1$  และ  $E_2$  ได้แล้ว ผู้หาประสิทธิภาพต้องตีความหมายของผลลัพธ์โดยยึดหลักการและแนวทางดังนี้

**6.5.1 ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์** ให้มีความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปรวนของผลลัพธ์ได้ไม่เกิน .05 (ร้อยละ 5) จากช่วงต่ำไปสูง =  $\pm 2.5$  นั่นให้ผลลัพธ์ของค่า  $E_1$  หรือ  $E_2$  ที่ถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% และสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5% หากคะแนน  $E_1$  หรือ  $E_2$  ห่างกันเกิน 5% แสดงว่ากิจกรรมที่ให้นักเรียนทำการสอบหลังเรียนไม่สมดุลกันเช่น ค่า  $E_1$  มากกว่า  $E_2$  แสดงว่างานที่มอบหมายอาจจะง่ายกว่าการสอบหรือหาค่า  $E_2$  มากกว่าค่า  $E_1$  แสดงว่าการสอบง่ายกว่าหรือไม่สมดุลกับงานที่มอบหมายให้ทำจำเป็นที่จะต้องปรับแก้หากสื่อหรือชุดการสอนได้รับการออกแบบและพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ ค่า  $E_1$  หรือ  $E_2$  ที่คำนวณ ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพจะต้องใกล้เคียงกันและห่างกันไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นตัวชี้ที่จะยืนยันได้ว่า นักเรียนได้มีการเปลี่ยนพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับขั้นหรือไม่ ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมขั้นสุดท้าย หรืออีกนัยหนึ่งต้องประกันได้ว่านักเรียนมีความรู้จริง ไม่ใช่ทำกิจกรรมหรือทำข้อสอบได้เพราะการเดา

การประเมินในอนาคตจะเสนอผลการประเมินเป็นเลขสองตัว คือ  $E_1$  คู่  $E_2$  เพราะจะทำให้ผู้อ่านผลการประเมินทราบลักษณะนิสัยของผู้เรียน ระหว่างนิสัยในการทำงานอย่างต่อเนื่องคงเส้นคงวาหรือไม่กับการทำงานสุดท้ายว่ามีคุณภาพมากน้อยเพียงใด เพื่อประโยชน์ของการกลั่นกรองบุคลากรเข้าทำงาน

## 6.6 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

เมื่อผลิตสื่อหรือชุดการสอนขึ้นเป็นต้นแบบแล้ว ต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพตามขั้นตอนต่อไปนี้

### 6.6.1 การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1)

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 1-3 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเด็กเก่ง ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่าหงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ ประเมินการเรียนจากกระบวนการ คือ กิจกรรมหรือภารกิจและงาน ที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพหากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระกิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทำการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยวนี้อาจได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกเมื่อปรับปรุงแล้วจะสูงขึ้นมาก ก่อนนำไปทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม ทั้งนี้  $E_1/E_2$  ที่ได้จะมีค่าประมาณ 60/60

### 6.6.2 การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1 : 10)

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 6-10 คน (คณะผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางกับอ่อน) ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรมที่กำหนด สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่าหงุดหงิดทำหน้าฉงนหรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่หลังจากทดสอบประสิทธิภาพให้ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือ การทำกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและประเมินผลลัพธ์คือการทดสอบหลังเรียนและงานสุดท้ายที่มอบให้นักเรียนทำส่งก่อนสอบประจำหน่วยให้นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากว่าไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้คะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นอีกเกือบเท่าเกณฑ์โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10% นั่นคือ  $E_1/E_2$  ที่ได้จะมีค่าประมาณ 70/70

### 6.6.3 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1 : 100)

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียนทั้งชั้น ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่าหงุดหงิด ทำหน้าฉงนหรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ หลังจากทำการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามแล้ว ให้ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือ กิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและให้ทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องทำการปรับปรุงเนื้อหาสาระการจัดกิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้นแล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำกับนักเรียนต่างกลุ่ม อาจมีการทดสอบประสิทธิภาพ 2-3 ครั้ง จนกว่าได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ ปกติไม่น่าจะทดสอบประสิทธิภาพเกินสามครั้ง ด้วยเหตุนี้ขั้นทดสอบประสิทธิภาพ ภาคสนามจึงแทนด้วย 1 : 100

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามควรใกล้เคียงกันเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% ก็ให้ยอมรับว่าสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มากกว่า -2.5 ให้ทำการปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำจนกว่าจะถึงเกณฑ์ หรือหากสูงกว่าเกณฑ์ไม่เกิน +2.5 ก็ยอมรับว่าสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าที่ได้สูงกว่าเกณฑ์เกิน +2.5 ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น เช่น กำหนดเกณฑ์ไว้ 80/80 ก็ปรับขึ้นเป็น 85/85 หรือ 90/90 ตามค่าประสิทธิภาพที่ทดสอบประสิทธิภาพได้

## 7. ดัชนีประสิทธิผล

(บุญชม ศรีสะอาด. 2553 : 58-159) ค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness : E.I.) หมายถึง ค่าที่แสดงการเรียนรู้ที่ก้าวหน้าขึ้นจากพื้นฐานความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว หลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนจากสื่อ นวัตกรรมหรือแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ

การหาค่าดัชนีประสิทธิผลกรณีรายบุคคล ตามแนวคิดของ Hofland จะใช้สูตรดังนี้

$$\text{ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.)} = \frac{\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}$$

โดยทั่วไปการหาค่าดัชนีประสิทธิผลมักหาโดยใช้คะแนนของกลุ่ม ซึ่งทำให้มีสูตรเปลี่ยนไป ดังนี้

$$\text{ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.)} = \frac{\text{ผลรวมคะแนนหลังเรียนของทุกคน} - \text{ผลรวมคะแนนก่อนเรียนของทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนของทุกคน}}$$

การหาค่าดัชนีประสิทธิผล เป็นการพิจารณาพัฒนาการในลักษณะที่ว่าเพิ่มขึ้นเท่าไร ไม่ได้ ทดสอบว่าเพิ่มขึ้นอย่างน่าเชื่อถือได้หรือไม่ มีข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับค่าดัชนีประสิทธิผล ดังนี้

ค่าดัชนีประสิทธิผลเป็นเรื่องของอัตราส่วนของผลต่างจะมีค่าสูงสุดเป็น 1.00 ส่วน ค่าต่ำสุด ไม่สามารถกำหนดได้ เพราะมีค่าต่ำกว่า -1.00 ก็ได้ และถ้าเป็นค่าลบแสดงว่าคะแนนสอบก่อนเรียน มากกว่าหลังเรียน ซึ่งมีความหมายว่า ระบบการเรียนการสอนหรือสื่อไม่มีคุณภาพ

1. ถ้าผลสอบก่อนเรียนของนักเรียนทุกคนได้คะแนนรวมเท่าไรก็ได้ (ยกเว้นคะแนน เต็มทุกคน) และถ้าผลสอบหลังเรียนของนักเรียนทุกคนทำได้ถูกต้องทุกข้อ (ได้คะแนนเต็มทุกคน) ค่าดัชนีประสิทธิผลจะเป็น 1.00

2. ถ้าผลการสอบก่อนเรียนมากกว่าหลังเรียน ค่าดัชนีประสิทธิผลอาจจะมีค่าต่ำกว่า -1.00 ก็ได้

3. การแปลความหมายของค่าดัชนีประสิทธิผลไม่น่าจะแปลความหมายเฉพาะค่าที่ คำนวณได้นักเรียนมีพัฒนาการขึ้นเท่าใด คิดเป็นร้อยละเท่าไร แต่ควรจะดูข้อมูลเดิมประกอบด้วย ว่าหลังจากนักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นเท่าไร ในบางครั้งคะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็นเพราะว่า กลุ่มนั้นมีความรู้เดิมในเรื่องนั้นมากอยู่แล้ว ซึ่งไม่ใช่เรื่องเสียหาย

ดังนั้น ค่าดัชนีประสิทธิผลที่เกิดขึ้นแต่ละกลุ่มไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ เพราะไม่ได้เริ่ม จากฐานความรู้ที่เท่ากัน ค่าดัชนีประสิทธิผลของแต่ละกลุ่มจะอธิบายเฉพาะกลุ่มเท่านั้น

## 8. ทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ

### 8.1 ความหมายของความพึงพอใจ

หลุยส์ จัมปาเทศ (ม.ป.ป. : 7) ได้ให้ความหมายของคำว่า “ความพึงพอใจ” ไว้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความสมหวังหรือการประสบความสำเร็จ

จัมปา วัฒนศิรินทรเทพ (2550 : 48) สรุปไว้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิดความเชื่อ การแสดงความรู้สึก ความคิดเห็นต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยมีการแสดงพฤติกรรมออกมา 2 ลักษณะคือ ทางบวก ซึ่งแสดงในลักษณะความชอบ ความพึงพอใจ ความสนใจ เห็นด้วย ทำให้อยากทำงานหรือปฏิบัติกิจกรรม อีกลักษณะหนึ่งคือ ทางลบ ซึ่งจะแสดงออกมาในลักษณะของความเกลียด ไม่พึงประสงค์ ไม่พอใจ ไม่สนใจไม่เห็นด้วย อาจทำให้บุคคลเกิดความเบื่อหน่าย หรือต้องการหนีห่างจากสิ่งนั้น นอกจากนี้ความพึงพอใจอาจจะแสดงออกในลักษณะความเป็นกลางก็ได้ เช่น รู้สึกเฉย ๆ ไม่รักไม่ชอบไม่น่าสนใจในสิ่งนั้น ๆ

สมพิศ ไชยเสนา (2550 : 54) กล่าวว่า ความพึงพอใจ คือ ความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ความรู้สึกพึงพอใจเกิดขึ้นเมื่อบุคคลได้รับสิ่งที่ตนต้องการและทำให้บุคคลมีพฤติกรรมต่อสิ่งเร้านั้นในเชิงบวกหรือเป็นไปตามเป้าหมายที่ตนเองต้องการ หรือไม่มีความรู้สึกขัดแย้งกับสิ่งเหล่านั้นและถ้าระดับความรู้สึกถ้ามีความเครียดมากจะทำให้เกิดความไม่พึงพอใจในการทำงานความพึงพอใจเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและสถานการณ์แวดล้อม

กมลทิพย์ นันทจันทร์ (2550 : 49) กล่าวถึง ความพึงพอใจคือความรู้สึกที่ชอบหรือพอใจที่มีองค์ประกอบ และสิ่งจูงใจในด้านต่างๆของงานและผู้ปฏิบัติงานนั้นได้รับความสนองความต้องการ

ศรีลักษณ์ ผลวัฒน์ (2551 : 29) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่าความพึงพอใจ หมายถึง สภาพหรือระดับความพึงพอใจของบุคคลซึ่งเป็นผลมาจากความสนใจและทัศนคติของบุคคลที่มีต่อคุณภาพของงานนั้น

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 22) ได้ให้ความหมายของ ความพึงพอใจ หมายถึง การยินยอมที่จะตอบสนองและการเต็มใจตอบสนอง จะก่อให้เกิดความพึงพอใจในการได้ตอบสนองขึ้นด้วยอารมณ์ชื่นชอบสนุกสนาน เช่น การตอบว่า “เข้าใจ” ด้วยใบหน้ายิ้มแย้ม สรุปความรู้สึก หรือเจตคติที่ดีของบุคคลมีต่อการปฏิบัติกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งส่งผลให้การดำเนินกิจกรรมนั้นบรรลุผลสำเร็จ

แน่นน้อย พงษ์สามารถ (2551 : 45) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า หมายถึง ท่าทีต่อสิ่งต่าง ๆ 3 อย่าง คือ ปัจจัยเกี่ยวกับงานโดยตรง ลักษณะเฉพาะเจาะจงของแต่ละคน และความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มในสิ่งที่อยู่นอกหน้าที่การงาน



ประสาธ อิศรปริดา (2554 : 300) กล่าวว่า ความพึงพอใจหมายถึงพลังที่เกิดจากพลังทางจิตที่มีผลไปสู่เป้าหมายที่ต้องการของมนุษย์

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด ความเชื่อ การแสดงความรู้สึกความคิดเห็นต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือทัศนคติของบุคคลที่มีต่องานหรือกิจกรรมซึ่งสามารถเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ ระดับความพึงพอใจของแต่ละบุคคลย่อมมีความแตกต่างกัน

## 8.2 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับความพึงพอใจ

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2553 : 219-220) ได้เสนอทฤษฎีที่เกี่ยวกับการสร้างความพึงพอใจไว้ 3 ทฤษฎี ในที่นี้จะขอนำเสนอเพียงทฤษฎีเดียวคือ ทฤษฎีสัญชาตญาณ (Instinct Theory) เป็นทฤษฎีดั้งเดิมก่อนศตวรรษที่ 18 นักจิตวิทยามีความเชื่อว่า มนุษย์เป็นผู้มีเหตุผลสามารถควบคุมตนเองได้ ความเชื่อนี้สืบเนื่องมาจากศาสนาและศีลธรรม นอกจากนี้พวกที่เชื่อว่าความพึงพอใจเป็นความสุข (Hedonistic) มีความเชื่อว่า คนเรานั้นเป็นผู้แสวงหาความสุขและความพยายามหลีกเลี่ยงความทุกข์

ประสาธ อิศรปริดา (2554 : 310) ได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับความพึงพอใจของมาสโลว์ (Maslow 's The Human Needs Theory ) ไว้ว่าทุกคนมีความต้องการอยู่เสมอและไม่มีที่สิ้นสุดเมื่อได้รับความต้องการอย่างหนึ่งจะต้องการอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะความต้องการ 5 ระดับ ได้แก่

1. ความต้องการทางสรีระ (Physiological Needs) หมายถึง ความต้องการพื้นฐานของร่างกาย เช่น ความหิว ความกระหาย ความต้องการและการพักผ่อน เป็นต้น ความต้องการเหล่านี้เป็นความต้องการที่จำเป็นสำหรับมีชีวิตอยู่ มนุษย์ทุกคนมีความต้องการทางสรีระอยู่เสมอจะขาดเสียไม่ได้ถ้าอยู่ในสภาพที่ขาดจะกระตุ้นให้ตนเองมีกิจกรรมขวนขวายที่จะสนองความต้องการ

2. ความต้องการความปลอดภัยและมั่นคง (Safety and Security Needs) เป็นความต้องการความมั่นคงปลอดภัยทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจเป็นอิสระจากความกลัวการขู่เข็ญบังคับจากผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม เป็นความต้องการที่จะได้รับการปกป้องคุ้มกัน เป็นความต้องการที่เริ่มมีตั้งแต่วัยทารกจนกระทั่งวัยชรา

3. ความต้องการความรักและการเป็นส่วนหนึ่งของหมู่ (Love and Belonging Needs) หมายถึง มนุษย์ทุกคนมีความปรารถนาจะให้เป็นที่รักของผู้อื่น และต้องการมีความสัมพันธ์กับผู้อื่นและเป็นส่วนหนึ่งของหมู่

4. ความต้องการที่จะได้รับการยกย่องจากผู้อื่น (Self Esteem Needs) เป็นความต้องการที่จะให้ผู้อื่นยกย่องตนเอง ให้ผู้อื่นเห็นว่าตนมีความสามารถ มีคุณค่าและมีเกียรติเป็นความปรารถนาของบุคคลที่ทำให้เกิดพฤติกรรมต่าง ๆ

5. ความต้องการจะบรรลุถึงความต้องการของตนเองอย่างแท้จริง (Need for Self Actualization) เป็นความต้องการขั้นสูงสุดของมนุษย์ เช่น ความต้องการอยากเป็นหัวหน้าสูงสุดของหน่วยงาน ความต้องการอยากเด่นอยากดังในทางหนึ่ง

จากแนวความคิดของมาสโลว์ (Maslow) แสดงให้เห็นว่ามนุษย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถบรรลุความต้องการในระดับรู้จักตนเองได้ ทำให้มนุษย์ต้องอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มและทำการสื่อสารซึ่งกันและกันเพื่อหวังผลในบางส่วนที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความคิดอย่างกว้างขวางเกิดการร่วมมือกันนำไปสู่การปฏิบัติเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เป็นการสนองความต้องการต่าง ๆ ของมนุษย์นั่นเองเมื่อมนุษย์ทุกคนมีความต้องการและความต้องการนั้นได้รับการบริการหรือมีการตอบสนองแล้ว ย่อมจะทำให้เกิดความพึงพอใจ

สก๊อตต์ (Scott. 1970 : 124) ได้เสนอแนวคิดในเรื่องการจูงใจให้เกิดความพึงพอใจต่อการทำงานที่จะให้ผลเชิงปฏิบัติ มีลักษณะดังนี้

1. งานควรมีส่วนสัมพันธ์กับความปรารถนาส่วนตัวงานนั้นจะมีความหมายสำหรับผู้ทำ
2. งานนั้นต้องมีการวางแผนและวัดความสำเร็จได้ โดยใช้ระบบการทำงานและการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ
3. เพื่อให้ได้ผลในการสร้างสิ่งจูงใจภายในเป้าหมายของงานจะต้องมีลักษณะดังนี้

- 3.1 คนทำงานมีส่วนในการตั้งเป้าหมาย
- 3.2 ผู้ปฏิบัติได้รับทราบผลสำเร็จในการทำงานโดยตรง
- 3.3 งานนั้นสามารถทำให้สำเร็จได้

เมื่อนำแนวคิดนี้มาประยุกต์กับการใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนมีส่วนเลือกเรียนตามความสนใจและมีโอกาสร่วมกันตั้งจุดประสงค์หรือความมุ่งหมายในการทำกิจกรรมได้เลือกวิธีแสวงหาความรู้ด้วยวิธีที่ผู้เรียนถนัดและสามารถค้นหาคำตอบได้

สิริอร วิชชาวุธ (2555 : 225-226) การดำเนินการจัดการเรียนการสอน การสร้างความพึงพอใจเป็นสิ่งสำคัญเพราะจะทำให้เกิดการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมหรือทำงานที่ได้รับมอบหมาย เกิดการเรียนรู้และบรรลุผลตามจุดประสงค์หรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ดังนั้นครูผู้สอนจึงต้องคำนึงถึงความพึงพอใจในการเรียนโดยการสร้างความพึงพอใจให้เกิดขึ้นในการเรียนหรือการทำงาน มีแนวคิดพื้นฐานสำคัญดังนี้ คือ

## 1. ความพึงพอใจนำไปสู่ผลงาน

นักจิตวิทยามนุษยนิยมเชื่อว่า บุคคลจะสร้างผลงานที่ดีก็ต่อเมื่อเขาได้รับการตอบสนองความต้องการ จนเป็นที่น่าพอใจแล้ว แนวทฤษฎีแรงจูงใจของมาสโลว์ และทฤษฎี 2 องค์ประกอบของเฮิร์ซเบิร์กจะพยายามตอบสนองความต้องการของบุคคล ไม่ว่าจะป็นรางวัลภายในหรือภายนอกให้เป็นที่น่าพอใจของบุคคลก่อน บุคคลเหล่านี้จะมีความพอใจเกิดขึ้น ซึ่งความพอใจของเขาจะช่วยทำให้เขาเกิดแรงจูงใจในการทำงาน ทำให้ผลงานออกมาดีได้

แนวคิดดังกล่าว ครูผู้สอนที่ต้องการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและบรรลุผลการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ จำเป็นต้องคำนึงถึงหลักการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีความสอดคล้องและตอบสนองกับความต้องการของผู้เรียนและมีบรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้ มีการให้รางวัลหรือการเสริมแรง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและเป็นการสร้างความพึงพอใจต่อการเรียน

## 2. ผลงานทำให้เกิดความพึงพอใจ

พอร์เตอร์ ลอว์เลอร์ และแฮ็กแมน (สิริอร วิชชาวุธ. 2555 : 226 ; อ้างอิงจาก Porter, Lawler and Hackman. 1975 : unpage) มีความเชื่อว่า คนเราได้รับรางวัลภายในจากการทำงานสำเร็จ ทำให้เขาเกิดมีความภาคภูมิใจในตนเองและได้รับรางวัลภายนอก เช่น การยกย่องชมเชย ซึ่งถ้ารางวัลเหล่านี้ถูกรับรู้ว่าเป็นเหมาะสมตรงตามที่ตนคาดหวังไว้ก็จะเกิดความพอใจ ความพอใจในงานเกิดจากการได้ผลงานและได้รับผลตอบแทนจากผลงานตามที่คาดหวังไว้

ดังนั้นในการสร้างความพึงพอใจต่อการเรียนและผลการปฏิบัติงานที่ดีควรนำไปประยุกต์ใช้ทั้งสองแนวทาง โดยครูผู้สอนต้องมีความรู้ความเข้าใจในความต้องการพื้นฐานของผู้เรียนและตอบสนองต่อความต้องการนั้น ๆ จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการสร้างผลงานของตนเองและเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียนหรือให้โอกาสเขาได้ใช้ความรู้และความสามารถอย่างเต็มที่ เมื่องานสำเร็จก็เปรียบเสมือนว่าเขาได้รับรางวัลภายในไปในตัวรวมทั้งจะต้องมีรางวัลภายนอกที่เหมาะสมและยุติธรรม จึงจะเกิดความพึงพอใจต่อการเรียนหรือการทำงาน

## 9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 9.1 งานวิจัยภายในประเทศ

#### 9.1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

ชามาศ ดิษฐเจริญ (2556 : 112-115) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคอนสตรัคชันนิซึม ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 คน โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ซึ่งเรียนรายวิชา การเขียนโปรแกรมสร้างและพัฒนา

หุ้ยนต์ประยุกต์ เป็นการวิจัยเชิงทดลองขั้นต้น (PreExperimental Research Design) เป็นการศึกษากลุ่มทดลองกลุ่มเดียว ผลการวิจัยพบว่า 1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงการตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึ่งมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดคล่อง 3) ความคิดยืดหยุ่น และ 4) ความคิดละเอียดลออ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85.33 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 90 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงการตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึ่งมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาโปรแกรมพัฒนาหุ้ยนต์ประยุกต์ คิดเป็นร้อยละ 81.44 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านตามเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 90 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ชูศักดิ์ โสชะรา (2553 : 93-94) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาชุดการสอน เรื่อง คำสั่งพื้นฐานในการควบคุมหุ้ยนต์วิชาการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ้ยนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนประชาพิทยาคม อำเภอปะคำ จังหวัดบุรีรัมย์ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอน เรื่อง คำสั่งพื้นฐานในการควบคุมหุ้ยนต์ ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ้ยนต์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.46/74.29 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการสอน เรื่อง คำสั่งพื้นฐานในการควบคุมหุ้ยนต์ รายวิชา การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ้ยนต์มีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 3. ชุดการสอนเรื่อง คำสั่งพื้นฐานในการควบคุมหุ้ยนต์ รายวิชาการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ้ยนต์ มีค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.71 4. นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการสอน เรื่อง คำสั่งพื้นฐานในการควบคุมหุ้ยนต์ วิชาการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ้ยนต์ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

โชติก ทรัพย์ดี (2558 : 53-54) การพัฒนาบทเรียนผ่านระบบเครือข่าย อินเทอร์เน็ตเพื่อทบทวนเรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ้ยนต์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย ฉะเชิงเทรา ประจำปีการศึกษา 2557 จำนวน 34 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการทบทวน เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ้ยนต์ มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.07$ ,  $S=0.65$ ) และมีค่าคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.41$ ,  $S=0.09$ ) 2) บทเรียนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการทบทวน เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ้ยนต์ มีค่าประสิทธิภาพ 80.29/82.35 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ณัฐศักดิ์ จันทร์เพชร : (2560 : 106) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รายวิชาการเขียนโปรแกรม เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 38 คน ใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่มจากโรงเรียนนราธิวาส อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส ผลวิจัยพบว่า 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพ 81.85/80.18 2) หลังจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ สูงกว่าก่อนใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เดชอุดม ไชยวงศ์คต (2559 : 136-137). การพัฒนาบทเรียนแบบร่วมมือบนเว็บโดยใช้เทคนิคทีเคโอ ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหา รายวิชาการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยายน อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร จำนวน 64 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 32 คน และกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนแบบร่วมมือบนเว็บ จำนวน 32 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนแบบร่วมมือบนเว็บโดยใช้เทคนิคทีเคโอ มีผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญมีระดับความคิดเห็นโดยรวมในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.42$ , S.D.=0.58) 2) บทเรียนแบบร่วมมือบนเว็บโดยใช้เทคนิคทีเคโอมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์เมกุยแกนส์ เท่ากับ 1.07 3) คะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนแบบร่วมมือบนเว็บโดยใช้เทคนิคทีเคโอที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนที่ใช้บทเรียนแบบร่วมมือบนเว็บโดยใช้เทคนิคทีเคโอที่พัฒนาขึ้น สูงกว่าห้องเรียนที่จัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นพดล ชอบใหญ่ (2559 : 124-125) การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า การทดลองใช้หลักสูตรฝึกอบรม เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า 1) นักเรียนมีความรู้หลังจากฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนมีทักษะการประกอบหุ่นยนต์และการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ เฉลี่ยระดับมาก และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อหลักสูตรฝึกอบรมในระดับมาก

พูนศักดิ์ วงศ์สวัสดิ์ และนิตยา สำเร็จผล (2555 : 84) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เรื่องโครงการระบบสมองกลฝังตัว ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ที่หาโดยใช้ค่า E1/E2 มีค่า 97.15/84.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ส่วนค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะการปฏิบัติ อยู่ที่ระดับร้อยละ 84.67 และมีค่ามากกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สุปรีย์ บุรณะกนิษฐ (2556 : 96-100) ได้ทำการวิจัยการใช้เทคโนโลยีเพื่อเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการโปรแกรมหุ่นยนต์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 23 คน ของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่เรียนวิชาการโปรแกรมหุ่นยนต์ ผลการวิจัยพบว่า 1. นักเรียนทั้งสองกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2. นักเรียนทั้งสองกลุ่มที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยการเสริมศักยภาพแบบยืดหยุ่นและแบบคงที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

ชื่อผู้วิจัย	วิธีสอน	จุดเด่น	จุดด้อย
ชามาศ ดิษฐเจริญ	การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคอนสตรัคชันนิซึม	- ผู้เรียนเกิดทักษะการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็น อย่างดี - ผู้เรียนเกิดทักษะการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็น อย่างดี - ผู้เรียนได้เรียนรู้จาก สิ่งที่สนใจและมีความ ถนัด	- ใช้ระยะเวลานาน - ผู้สอนต้องมีความรู้ เพียงพอ - ใช้ระยะเวลานาน - ผู้สอนต้องมีความรู้ เพียงพอ - ผู้เรียนอาจจะได้รับ ความรู้ที่เป็นหลัก วิชาการไม่เพียงพอ

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ชื่อผู้วิจัย	วิธีสอน	จุดเด่น	จุดด้อย
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผู้เรียนมีความสนุกสนานจากการลงมือปฏิบัติจริง</li> <li>- ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและทำให้เกิดทักษะในการทำงานด้วยตนเองหรือทักษะกระบวนการทำงานกลุ่ม</li> <li>- ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ มีผลงานเป็นรูปธรรม</li> <li>- ผู้เรียนรู้จักวางแผน ออกแบบการทำงาน</li> <li>- เกิดความคงทนของการเรียนรู้</li> <li>- ผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ประสบการณ์บางกรณีไม่สามารถวางแผนงานและทำกิจกรรมได้</li> </ul>
ชูศักดิ์ โสชะระา	การพัฒนาชุดการสอน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผู้เรียนได้รับเนื้อหาในการเรียนการสอนเป็นไปในแนวทางเดียวกัน</li> <li>- สร้างความพร้อมความมั่นใจแก่ผู้สอน</li> <li>- การเรียนเป็นอิสระจากบุคลิกภาพของผู้เรียน</li> <li>- แก้ปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคล</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผลสำเร็จของการเรียนรู้อาจจะไม่เห็นเป็นรูปธรรม</li> <li>- ไม่มีการเสริมทักษะกระบวนการกลุ่มของผู้เรียน</li> <li>- ขาดความคงทนในความรู้</li> </ul>

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ชื่อผู้วิจัย	วิธีสอน	จุดเด่น	จุดด้อย
โชติภ ทรัพย์ดี	การพัฒนาบทเรียนผ่าน เครือข่ายอินเทอร์เน็ต	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผู้เรียนได้ตอบโต้หรือมี ปฏิสัมพันธ์กับ บทเรียนผ่านระบบ คอมพิวเตอร์</li> <li>- นักเรียนสามารถเรียน เวลาใดก็ได้ตามความ ต้องการ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผู้สอนไม่สามารถรับรู้ ความรู้สึกลักษณะที่ แท้จริงของผู้เรียน</li> <li>- ผู้สอนขาดปฏิสัมพันธ์ กับผู้เรียน</li> <li>- ผู้เรียนขาดทักษะ กระบวนการทำงาน กลุ่ม</li> </ul>
ณัฐศักดิ์ จันทร์เพชร	การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้ผลย้อนกลับ (Feedback) แก่ ผู้เรียนอย่างรวดเร็ว</li> <li>- สะดวกในการประเมิน ผลการเรียน</li> <li>- สามารถเลือกเรียน เนื้อหาใดก่อนหลังก็ได้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผู้เรียนจะต้องเรียน เนื้อหาตามที่กำหนด ไว้เท่านั้น</li> <li>- ผู้เรียนไม่ได้ใช้ ความคิดสร้างสรรค์ และจินตนาการใน การสร้างผลงาน</li> </ul>
เดชอุดม ไชยวงศ์ศัต	การพัฒนาบทเรียนแบบร่วมมือ บนเว็บ โดยใช้เทคนิคที่เคโอ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เทคนิคที่เคโอ เพื่อ ส่งเสริมวิธีการแก้ ปัญหาให้กับผู้เรียน</li> <li>- มีรูปแบบการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการแข่งขัน ระหว่างเรียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผู้เรียนบางคนไม่ สามารถศึกษาด้วย ตนเองได้</li> <li>- ผู้เรียนขาดทักษะ กระบวนการทำงาน กลุ่ม</li> <li>- การใช้เทคนิคที่เคโอ ไม่ส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์ให้กับ ผู้เรียน และไม่มี ผลงานเป็นรูปธรรม ที่สามารถจับต้องได้</li> </ul>
นพดล ขอบใหญ่	การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผู้เรียนได้รับความรู้ ตามที่ผู้สอนกำหนด ครบถ้วน</li> <li>- ผู้เรียนมีโอกาสซักถาม ผู้สอนได้ในขณะเรียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผู้เรียนมีเวลาจำกัดใน การเรียนรู้</li> <li>- เป็นการสื่อสารแบบ ทางเดียว ผู้เรียนอาจ เกิดความเบื่อหน่าย</li> </ul>



ตารางที่ 12 (ต่อ)

ชื่อผู้วิจัย	วิธีสอน	จุดเด่น	จุดด้อย
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะในระหว่างการใช้ชุดฝึกอบรม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ขาดการส่งเสริมกระบวนการกลุ่ม</li> </ul>
<p>พูนศักดิ์ วงศ์สวัสดิ์ และ นิตยา สำเร็จผล</p>	<p>บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นำเสนอเนื้อหาบทเรียนประยุกต์ใช้หลักการของเมอร์ริลล์ โดยการกระตุ้นสาธิต ประยุกต์</li> <li>- การเสนอเนื้อหาบทเรียนแบบทบทวนและปฏิบัติซ้ำ ๆ มุ่งให้เกิดความแม่นยำในการปฏิบัติ</li> <li>- เรียนได้ตลอดเวลาไม่จำกัดสถานที่</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผู้เรียนจะต้องเรียนผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์</li> <li>- ผู้เรียนได้ปฏิบัติตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ในบทเรียนเท่านั้น ไม่ได้มีการสร้างชิ้นงานนอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในบทเรียน</li> <li>- ไม่สามารถรับรู้ความรู้สึกหรือปฏิกิริยาที่แท้จริงของผู้เรียนและผู้สอนได้</li> </ul>
<p>สุปรีย์ บุรณะกนิษฐ์</p>	<p>การใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพที่แตกต่างกันในการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้เทคโนโลยีของเว็บและคอมพิวเตอร์มาช่วยเสริมศักยภาพการเรียนรู้แบบโครงงาน</li> <li>- ผู้เรียนมีความสะดวกคล่องตัวในการเรียนรู้</li> <li>- มีการใช้เทคโนโลยีเสริมศักยภาพผู้เรียน</li> <li>- ผู้เรียนมีทักษะในการทำงานกลุ่ม</li> <li>- ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ เกิดผลงานเป็นรูปธรรม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผู้เรียนและผู้สอนจะต้องมีการเตรียมความพร้อมในเรื่องคอมพิวเตอร์และระบบอินเทอร์เน็ตตลอดเวลา</li> </ul>

จากตารางการวิเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ พบว่า

**จุดเด่น** การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ เมื่อมีการนำสื่อนวัตกรรมหรือรูปแบบวิธีการสอนที่แตกต่างกันออกไปมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ก็จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนที่แตกต่างกันออกไป โดยแต่ละรูปแบบก็จะมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน กล่าวคือ การใช้รูปแบบการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน มีจุดเด่นที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง ผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้เพื่อแก้ปัญหาด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะกระบวนการทำงานกลุ่ม เกิดผลงานเป็นรูปธรรม จนทำให้เกิดความคงทนของการเรียนรู้ สามารถถ่ายโยงความรู้ไปยังกลุ่มความรู้อื่นได้ การใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง สามารถเรียนซ้ำ ๆ ได้หลายครั้งตามความต้องการ ไม่จำกัดเวลาและสถานที่ การพัฒนาชุดการสอน มีจุดเด่นที่ ผู้เรียนจะได้รับเนื้อหาการเรียนการสอนเป็นไปในแนวทางเดียวกัน ช่วยสร้างความมั่นใจให้กับผู้สอนและแก้ปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ สำหรับรูปแบบวิธีสอนที่มีลักษณะการเรียนรู้ผ่านระบบคอมพิวเตอร์หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีจุดเด่นในเรื่องที่ผู้เรียนได้มีโอกาสตอบโต้หรือมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนผ่านระบบคอมพิวเตอร์ได้ทันที ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เวลาใดก็ได้ตามความต้องการและให้ผลย้อนกลับ (Feedback) รวดเร็วแก่ผู้เรียน สำหรับรูปแบบการสอนโดยใช้เทคนิคทีเคโอ มีจุดเด่นในด้านการส่งเสริมวิธีการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียน ผ่านรูปแบบการแข่งขันของนักเรียนในระหว่างเรียน และการพัฒนาชุดฝึกอบรม มีจุดเด่นที่ผู้เรียนจะได้รับความรู้ตามลำดับที่ผู้สอนกำหนด ผู้เรียนมีโอกาสซักถามในขณะที่เรียนและมีโอกาสได้ฝึกทักษะร่วมกันในระหว่างการฝึกอบรม

**จุดด้อย** การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ ซึ่งแต่ละรูปแบบหรือวิธีการสอนก็จะมีจุดด้อยที่แตกต่างกันออกไป เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานจะมีการใช้ระยะเวลานานในการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะผู้สอนจะต้องมีความรู้เพียงพอสำหรับการให้คำปรึกษาหรือแนะนำผู้เรียน การใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ผู้เรียนจะต้องเรียนตามเนื้อหาที่ได้กำหนดไว้ ไม่มุ่งเน้นการสร้างชิ้นงานที่เป็นรูปธรรม การพัฒนาชุดการสอน มีจุดด้อยในเรื่องผลสำเร็จของการเรียนรู้อาจจะไม่เห็นเป็นรูปธรรม ขาดการส่งเสริมทักษะกระบวนการทำงานกลุ่ม สำหรับรูปแบบวิธีสอนที่มีลักษณะการเรียนรู้ผ่านระบบคอมพิวเตอร์หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีจุดด้อยที่ผู้สอนไม่สามารถรับรู้ความรู้สึกหรือปฏิกิริยาที่แท้จริงของผู้เรียน ผู้เรียนไม่สามารถสื่อความรู้สึกทางอารมณ์ในการเรียนรู้ได้อย่างแท้จริง อีกทั้งผู้เรียนบางคนไม่สามารถศึกษาด้วยตนเองได้ ผู้เรียนขาดทักษะกระบวนการทำงานกลุ่ม ทั้งผู้เรียนและผู้สอนจะต้องมีความพร้อมของอุปกรณ์สำหรับเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์หรืออินเทอร์เน็ต รูปแบบการสอนโดยใช้เทคนิคทีเคโอ ผู้เรียนบางคนไม่สามารถศึกษาด้วยตนเองได้ ขาดทักษะกระบวนการทำงานกลุ่ม ขาดการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้กับผู้เรียน อาจมีหรือไม่มีผลงานที่เป็นรูปธรรมที่สามารถจับต้องได้ และการพัฒนา

หลักสูตรฝึกอบรม ผู้เรียนมีเวลาจำกัดในการเรียนรู้ เป็นการสื่อสารแบบทางเดียว ผู้เรียนอาจเกิดความเบื่อหน่ายในระหว่างการเรียนรู้

**สรุป** จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้ผู้วิจัยได้พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ John Dewey (1975 อ้างถึงในวัฒนา รัชงษ์ทุกข์. 2543) ที่กล่าวว่า การที่จะพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้นั้น จะต้องจัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจ ตามความถนัด และสิ่งที่เรียนควรเป็นประโยชน์สัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของผู้เรียนให้มากที่สุด ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อได้รับประสบการณ์ตรงและจากการปฏิบัติด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานจึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ความสามารถในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง สามารถวางแผน คิดค้นออกแบบ ลงมือปฏิบัติจนได้ข้อค้นพบของปัญหานั้น ๆ และเป็นการเรียนรู้ที่เป็นกระบวนการ มีวัตถุประสงค์มุ่งไปที่ผลลัพธ์สุดท้ายหรือชิ้นงาน ซึ่งต่างจากวิธีการสอนด้วยวิธีอื่น ๆ กล่าวคือ การสอนด้วยวิธีอื่น ๆ โดยภาพรวมเป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้ แต่ไม่เน้นที่ชิ้นงานเหมือนกับการเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐานที่ผู้เรียนสร้างชิ้นงานอันเป็นผลจากการเรียนรู้

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าได้ดำเนินการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน ทำให้พบว่าแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่ปรับจากการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบ PBL จากโครงการสร้างชุดความรู้เพื่อสร้างเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของเด็กและเยาวชน : จากประสบการณ์ความสำเร็จของโรงเรียนไทย ของ ดุษฎี โยเหลาและคณะ จำนวน 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ชั้นให้ความรู้พื้นฐาน 2) ชั้นกระตุ้นความสนใจ 3) ชั้นจัดกลุ่มร่วมมือ 4) ชั้นแสวงหาความรู้ 5) ชั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้ และ 6) ชั้นนำเสนอผลงาน เป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่มีความเหมาะสม ซึ่งทุกขั้นตอนมีความสอดคล้องกับบริบทของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ ซึ่งจะช่วยให้ให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้และทักษะที่จำเป็นสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 มาเป็นต้นแบบในการวิจัยและพัฒนา

### 9.1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

นริศรา เคนแสง (2560 : 55) ได้ทำการวิจัยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในรายวิชาคอมพิวเตอร์และสารสนเทศเพื่องานอาชีพของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาออกแบบนิเทศศิลป์ โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในรายวิชาคอมพิวเตอร์และสารสนเทศเพื่องานอาชีพมีคุณภาพดีมาก ค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.29 และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบโครงงานเป็นฐานโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.34 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ .59

รังศิมา ชูเทียน (2558 : 59) ได้ทำการวิจัยการสอนผ่านเว็บบล็อกด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบุญคุ้มราษฎร์บำรุง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 30 คน ปีการศึกษา 2557 ผลวิจัยพบว่า การสอนผ่านเว็บบล็อกด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานเท่ากับ 82.93/80.85 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน มีค่า t-test เท่ากับ 3.77 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการสอนผ่านเว็บบล็อกด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน รายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 อยู่ในระดับมาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57

ราตรี เสนาป่า และรัตนดิพร สำอาง (2559 : 92) ได้ทำการวิจัยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่มีต่อทักษะการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานในศตวรรษที่ 21 รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า 1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยของทักษะการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานในศตวรรษที่ 21 ก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 2.71 และ 3.62 ตามลำดับซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาทางทักษะการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานในศตวรรษที่ 21 ที่เพิ่มขึ้นหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีเยี่ยม 3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานอยู่ในระดับมากที่สุด

เรวดี รัตนวิจิตร (2555 : 58-59) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ รายวิชา คอมพิวเตอร์กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนบุญสมวิทยาจังหวัดจันทบุรีจำนวน 48 คน ผลการวิจัยพบว่า 1. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน 2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

เป็นฐานมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานโดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.31$ )

วิภาดา วงศ์สุรียา (2560 : 1) ได้ทำการวิจัยการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ภายใต้ศูนย์การเรียนรู้ เรื่องการประยุกต์ใช้โปรแกรมภาษา C++ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 9 คน ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานภายใต้ศูนย์การเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์ใช้โปรแกรมภาษา C++ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.56$ , S.D.=0.44) ผลประเมินทักษะในการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด

สรุป จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ สรุปได้ว่านักเรียนจะมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจและนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะวัดความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับใด

## 9.2 งานวิจัยต่างประเทศ

บารร์รอน (Barron. 2010) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง Doing with Understanding : Lessons from Research on Problem and Project Based Learning. โดยมีวิธีวิจัยคือ ใช้การสำรวจรายบุคคลและให้พวกเขาบรรยายว่ามีส่วนร่วมในโครงการนั้นอย่างไร จากนั้นสรุปผลด้วยการอภิปราย ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมโครงงานมีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างมาก ข้อค้นพบคือกิจกรรมโครงงานมีจุดมุ่งหมายที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ที่นำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่จะสร้างความรู้ให้อยู่กับนักเรียนได้ยาวนานทั้งนี้เป็นการเริ่มต้นกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาก่อนที่จะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนขั้นต่อไปทำให้มีโอกาสหลากหลายในการประเมินผลด้วยตนเอง พัฒนาทักษะทางสังคมและความเป็นผู้นำได้

เบนจามิน เออวิน และ พาเวล เพทโทรวิค (Benjamin Erwin and Pavel Petovic. 2012) ได้ทำการศึกษารื่องการสร้างให้เกิดการเรียนรู้ในโรงเรียนด้วยชุดกิจกรรมโครงงานหุ่นยนต์ของเลโก้ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของการใช้ชุดกิจกรรมโครงงานหุ่นยนต์ของเลโก้ในโรงเรียนด้วยความมุ่งหวังที่ว่าชุดกิจกรรมนี้จะทำให้เกิดการพัฒนาทักษะและความรู้

ความสามารถทางวิศวกรรมวิทยาศาสตร์ กระบวนการคิด ความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นกลุ่ม โดยวิธีการสำรวจความสนใจของครูและนักเรียนในการเลือกรูปแบบการเรียนรู้ แล้วทดลองใช้ชุดกิจกรรม สุดท้ายทำการสำรวจความคิดเห็นอีกครั้ง พบว่าครูและนักเรียนให้ความสนใจการสอนเทคโนโลยีในโรงเรียนรูปแบบนี้เป็นอย่างดี และยังเห็นว่าหุ่นยนต์เป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญของปัจจุบันและอนาคต ส่วนในการใช้ชุดกิจกรรมโครงการนี้ ปรากฏว่าครูและนักเรียนให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ส่วนความคิดเห็นจากการตอบแบบสอบถามหลังจากทดลองใช้ชุดกิจกรรมนี้แล้วปรากฏว่าครูและนักเรียนพอใจและเห็นว่าชุดกิจกรรมโครงการนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้ในโรงเรียน

อีริ โคลเบิร์ก และนาฮาม ออเลฟ (Eli Kolberg and Nahum Orlev. 2014 : 87-88) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวเพื่อบูรณาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในโรงเรียนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหลักสูตรการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว เพื่อบูรณาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายในโรงเรียนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และทดลองใช้ พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติและการเรียนรู้ด้วยหุ่นยนต์สามารถดึงดูดความสนใจและกระตุ้นนักเรียนให้เข้าร่วมกิจกรรมได้มากกว่าการเรียนด้วยวิธีปกติ นักเรียนสามารถสร้างโครงงานที่มีความซับซ้อนและต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้ดี

## 10. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทำการวิจัยในชั้นเรียน รวมถึงการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจากประสบการณ์ที่ได้สอนกลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มากกว่า 14 ปี พบว่าโดยส่วนใหญ่ความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเทคโนโลยี 5 ในด้านของสื่อการเรียนการสอนยังไม่สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 กล่าวคือ สื่อการเรียนการสอนยังไม่ตอบสนองในการพัฒนาทักษะของผู้เรียน เช่น ทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดอย่างสร้างสรรค์และคิดเชิงนวัตกรรม ทักษะในการสื่อสาร ทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและการกล้าแสดงออกเพื่อนำเสนอทักษะความรู้ที่เกิดขึ้นได้ รวมถึงการจัดการเรียนรู้ในเรื่องความรู้พื้นฐานที่ยังไม่เหมาะสมโดยไม่มีการคำนึงถึงเวลาและความแตกต่างระหว่างบุคคล จนส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเทคโนโลยี 5 ต่ำ

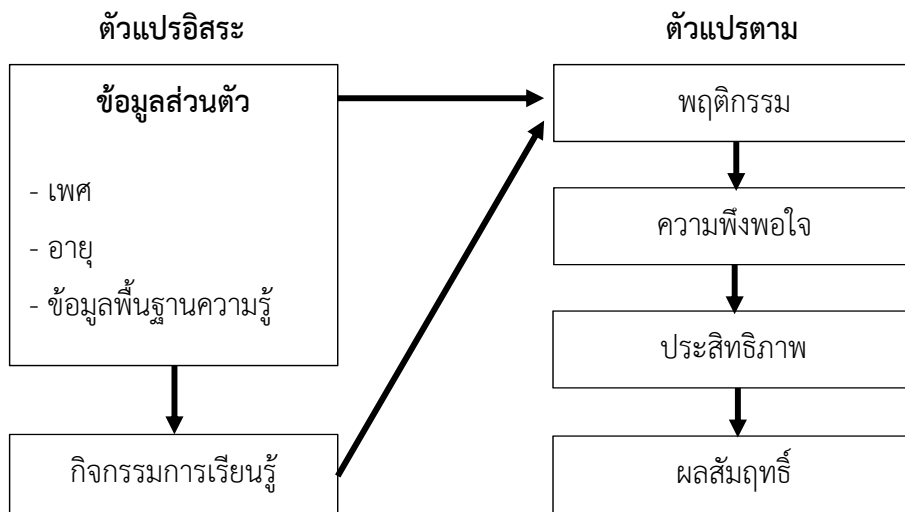
จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า การแก้ปัญหาโดยการนำหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวเป็นสื่อมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐานโดยใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถทำให้นักเรียนสนใจใคร่เรียนรู้ เพราะนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อฝึกทักษะต่าง ๆ ด้วยตนเองทุกขั้นตอน มีผลงานเป็นรูปธรรมสามารถจับต้องได้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน

เป็นฐานถือว่ามีประสิทธิภาพที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนได้พัฒนาความรู้และทักษะที่สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 รวมทั้งรู้สึกมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเทคโนโลยี 5

แนวคิดทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในออกแบบพัฒนาและการปรับปรุงเอกสารประกอบการเรียน การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ซึ่งใช้สำหรับประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ (Learner Centered) เน้นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ (Learning By Doing) การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแก้ปัญหา (Problem Solving) และการประเมินผลตาม สภาพจริง สำหรับรูปแบบการพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) สำหรับประกอบ กิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐาน
2. การจัดทำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบ สมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)
3. การทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และ ระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)
- 4 การประเมินผลและปรับปรุงเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุม หุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

หลังจากได้ทดลองหาประสิทธิภาพและค่าดัชนีประสิทธิผลของเอกสารประกอบการ เรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) จากการประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว จึงทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียน ซึ่งกรอบแนวคิดในการวิจัย ครั้งนี้ สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 กรอบแนวคิดในการวิจัย