

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัยและพัฒนา

เพื่อให้การวิจัยและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สารที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นไปอย่างครบถ้วนและสามารถนำผลลัพธ์ไปสู่ผู้ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

#### ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและสำรวจความต้องการ (Research : R<sub>1</sub>)

เป็นการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานและความต้องการในการพัฒนา เพื่อให้ได้สภาพปัญหาและความต้องการของผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ต่อไป

#### ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนา (Development : D<sub>1</sub>)

เป็นการออกแบบและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองรวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

#### ขั้นตอนที่ 3 การนำนวัตกรรมไปทดลองใช้ (Implementation = Research : R<sub>2</sub>)

เป็นการทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกล ฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

1. ลักษณะการดำเนินการทดลอง
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือ
5. รูปแบบของการวิจัย
6. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

8. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและการปรับปรุง (Evaluation and Improve = Development : D<sub>2</sub>)

เป็นการประเมินผลและปรับปรุงเอกสารประกอบการเรียนการสอนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ให้มีความสมบูรณ์

#### ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและสำรวจความต้องการ (Research : R<sub>1</sub>)

เป็นการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานและความต้องการในการพัฒนา เพื่อให้ได้สภาพปัญหาและความต้องการของผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการสอนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

**1.1 การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางในการจัดทำและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการสอนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)** โดยการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้ศึกษาสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการผลิตและพัฒนาวัตกรรมการเรียนรู้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรทิศทางการปฏิรูปการศึกษาจุดมุ่งหมายทางการศึกษา และคุณลักษณะของผู้เรียนที่พึงประสงค์ของกระทรวงศึกษาธิการดังนี้

1.1.1 ศึกษาพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พุทธศักราช 2553

1.1.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1.3 ศึกษาเอกสารหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2553 กลุ่มสาระการเรียนรู้ การงานอาชีพและเทคโนโลยี เกี่ยวกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-3)

1.1.4 ศึกษาเอกสารตำราที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงาน

1.1.5 ศึกษาเอกสารตำราที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมเบื้องต้นด้วยภาษา Arduino

1.1.6 ศึกษาเอกสารตำราที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว

**1.2 การศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ** ที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ระบบสมองกลฝังตัว และการออกแบบการสอนแบบโครงงาน เกี่ยวกับแนวทางในการจัดทำเอกสารประกอบการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยใช้แบบสัมภาษณ์

**1.2.1 วัตถุประสงค์** เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ ระบบสมองกลฝังตัวและการออกแบบการสอนแบบโครงงาน

### 1.2.2 กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์เชิงลึก

กลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการสัมภาษณ์เชิงลึก ได้แก่ นักวิชาการผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา จำนวน 1 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ระบบสมองกลฝังตัว จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงาน จำนวน 2 คน ซึ่งทุกคนเป็นผู้ทรงคุณวุฒิระดับเชี่ยวชาญ ที่ยินดีให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลแก่ผู้วิจัย (รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อใช้สำหรับประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในภาคผนวก ก หน้า 194)

### 1.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในขั้นนี้ เป็นแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินการสร้างเครื่องมือดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมสื่อการเรียนรู้ รูปแบบการจัดการกิจกรรมการสอนแบบโครงงานแบบต่าง ๆ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. ศึกษาเนื้อหาที่จำเป็นเกี่ยวกับการจัดทำเอกสารประกอบการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) และแนวการจัดกิจกรรมที่คิดว่าจำเป็นที่จะต้องจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. สร้างแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับแนวการพัฒนาและความต้องการเอกสารประกอบการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยมีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์ปลายเปิด เพื่อศึกษาสภาพจริง โดยจะครอบคลุมด้านต่าง ๆ ของเอกสารประกอบการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) คือ ด้านประโยชน์ ด้านเนื้อหา ด้านการจัดกิจกรรม ด้านรูปแบบ ด้านปัญหาและอุปสรรค

4. นำแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการพัฒนานวัตกรรมและความต้องการเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) สำหรับประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบสำนวนของข้อความที่ใช้ในการสัมภาษณ์และตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาให้ชัดเจนแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

#### 1.2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการติดต่อประสานงานกับผู้เชี่ยวชาญ ดำเนินการสัมภาษณ์และเก็บข้อมูลด้วยตนเอง

#### 1.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์โดยการนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ มาสร้างข้อสรุปด้านประโยชน์ ด้านเนื้อหา ด้านการจัดกิจกรรม ด้านรูปแบบ ด้านปัญหาและอุปสรรค เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ต่อไป

1.3 ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียน ครูผู้สอน ผู้ปกครองนักเรียน เกี่ยวกับแนวทางการจัดทำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยใช้แบบสัมภาษณ์

1.3.1 วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการ รวมถึงความสนใจสื่อการเรียนรู้ของนักเรียน ครูผู้สอน ผู้ปกครองนักเรียน

#### 1.3.2 กลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่ใช้ในการสัมภาษณ์เชิงลึก

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่ใช้ในการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ นักเรียน ครูผู้สอน และผู้ปกครองนักเรียน โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ รวม 27 คน ที่ยินดีให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลแก่ผู้วิจัย ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 20 คน
2. ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ช่วงชั้นที่ 3 จำนวน 2 คน
3. ผู้ปกครองนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 5 คน

ทั้งนี้ผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนรายวิชาเทคโนโลยี 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ ทำให้สะดวกในการเก็บข้อมูล (รายชื่อนักเรียน ครูผู้สอน ผู้ปกครองนักเรียนในการสัมภาษณ์ ในภาคผนวก ก หน้า 195)

### 1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในขั้นนี้ เป็นแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียน ครูผู้สอน และผู้ปกครองนักเรียนเกี่ยวกับความต้องการและแนวทางการพัฒนาเอกสารประกอบการเรียน การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบกิจกรรม การจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินการสร้างเครื่องมือดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัตรกรรม สื่อกาการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบโครงงานแบบต่าง ๆ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. ศึกษาเนื้อหาที่จำเป็นเกี่ยวกับการพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียน โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) และแนวการจัดกิจกรรมที่คิดว่าจำเป็นที่จะต้องจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. สร้างแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียน ครูผู้สอน ผู้ปกครองนักเรียน เพื่อศึกษาความต้องการและแนวทางสำหรับการพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยมี ลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์ปลายเปิดเพื่อศึกษาสภาพจริง โดยจะครอบคลุมด้านต่าง ๆ ของเอกสาร ประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็น ฐาน (Project Based Learning) คือ ด้านประโยชน์ ด้านเนื้อหา ด้านการจัดกิจกรรม ด้านรูปแบบ และด้านสื่อการเรียนรู้
4. นำแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียน ครูผู้สอน ผู้ปกครองนักเรียน ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับความต้องการและแนวทางการพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ที่ใช้ ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบ สอบสำนวนของข้อคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์และตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาให้ชัดเจนแล้ว นำไปปรับปรุงแก้ไข

### 1.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการการสัมภาษณ์และเก็บข้อมูลด้วยตนเอง

### 1.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์โดยการนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ มาสร้างข้อสรุปด้านประโยชน์ ด้านเนื้อหา ด้านการจัดกิจกรรม ด้านรูปแบบและด้านสื่อการเรียนรู้อุปสรรค เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ต่อไป

## ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนา (Development : D<sub>1</sub>)

เป็นการออกแบบและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองรวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลพื้นฐานที่เป็นผลมาจากการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 1 มาพิจารณากำหนดแนวทางในการดำเนินการออกแบบจัดทำและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) คือ สภาพปัญหาและความจำเป็นในการจัดทำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยได้ศึกษานวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) วิเคราะห์เนื้อหาสาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในด้านการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น โดยได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐานมาสู่รูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว โดยใช้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีครูเป็นผู้กระตุ้นเพื่อนำความสนใจที่เกิดจากตัวนักเรียนมาใช้ในการทำกิจกรรมค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง นำไปสู่การเพิ่มความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติ การได้ฟังและการสังเกตจากผู้เชี่ยวชาญ โดยนักเรียนมีการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มที่จะนำมาสู่ การสรุปความรู้ใหม่ มีการเขียนกระบวนการจัดทำโครงงานและได้ผลการจัดกิจกรรมเป็นผลงานแบบบูรณาการ ซึ่งสอดคล้องกับ ดุษฎี โยเหลาและคณะ (2557: 19-20) ที่ได้กล่าวถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นการสอนแบบหนึ่งซึ่งช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่ม และ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้น ยังสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ช่วยให้มีความรับผิดชอบ ความอดทน ความเพียรพยายาม ระเบียบวินัยในตนเอง มาส่งเสริมกิจกรรมการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างชิ้นงานผ่านกระบวนการโครงงานแบบต่าง ๆ โดยผู้เรียนสามารถเลือกทำโครงงานตามสาระการเรียนรู้ จากหน่วยเนื้อหาที่เรียนในชั้นเรียน นำมาเป็นหัวข้อโครงงาน ซึ่งนักเรียนทุกคนทำโครงงานภายใต้หัวข้อเรื่องเดียวกันแต่มีรูปแบบความสนใจในการทำโครงงานหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวที่ต่างกันโดยมีรายละเอียดดังนี้

**2.1 ลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน** ในการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานครั้งนี้ ได้นำแนวคิดที่ปรับปรุงจาก ดุษฎี โยเหลาและคณะ (2557 : 20-23) ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมาจากการศึกษาโรงเรียนในประเทศไทย โดยมีขั้นตอนดังนี้

**2.1.1 ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน** ครูให้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นเกี่ยวกับการทำโครงงานก่อนการเรียนรู้ เนื่องจากการทำโครงงานมีรูปแบบและขั้นตอนที่ชัดเจนและรัดกุม ดังนั้นนักเรียนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงงานไว้เป็นพื้นฐานเพื่อใช้ในการปฏิบัติขณะทำงานโครงงานจริงในชั้นแสวงหาความรู้

**2.1.2 ขั้นกระตุ้นความสนใจ** ครูเตรียมกิจกรรมที่จะกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยต้องคิดหรือเตรียมกิจกรรมที่ดึงดูดให้นักเรียนสนใจ ใฝ่รู้ ถึงความสนุกสนานในการทำโครงงานหรือกิจกรรมร่วมกัน โดยกิจกรรมนั้นอาจเป็นกิจกรรมที่ครูกำหนดขึ้น หรืออาจเป็นกิจกรรมที่นักเรียนมีความสนใจต้องการจะทำอยู่แล้ว ทั้งนี้ในการกระตุ้นของครูจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนเสนอจากกิจกรรมที่ได้เรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้ของครูที่เกี่ยวข้องกับชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่หรือเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

**2.1.3 ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ** ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันแสวงหาความรู้ใช้กระบวนการกลุ่มในการวางแผนดำเนินกิจกรรม โดยนักเรียนเป็นผู้ร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียนของตนเอง โดยระดมความคิดและหารือ แบ่งหน้าที่เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติร่วมกัน หลังจากที่ได้ทราบหัวข้อสิ่งที่ตนเองต้องเรียนรู้ในภาคเรียนนั้น ๆ เรียบร้อยแล้ว

**2.1.4 ขั้นแสวงหาความรู้** ในขั้นแสวงหาความรู้มีแนวทางปฏิบัติสำหรับนักเรียนในการทำกิจกรรม ดังนี้

1. นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงงาน ตามหัวข้อที่กลุ่มสนใจ
2. นักเรียนปฏิบัติหน้าที่ของตนตามข้อตกลงของกลุ่ม พร้อมทั้งร่วมมือกันปฏิบัติกิจกรรม โดยขอคำปรึกษาจากครูเป็นระยะเมื่อมีข้อสงสัยหรือปัญหาเกิดขึ้น
3. นักเรียนร่วมกันเขียนรูปเล่ม สรุปรายงานจากโครงงานที่ตนปฏิบัติ

**2.1.5 ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้** ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้จากการทำกิจกรรม โดยครูใช้คำถาม ถามนักเรียนนำไปสู่การสรุปสิ่งที่เรียนรู้

**2.1.6 ชี้นำเสนอผลงาน** ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการเรียนรู้ โดยครูออกแบบกิจกรรมหรือจัดเวลาให้นักเรียนได้เสนอสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้ เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้นและนักเรียนอื่น ๆ ในโรงเรียนได้ชมผลงานและเรียนรู้กิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติในการทำโครงการ

## 2.2 เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ซึ่งเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอน (Education Innovation) ที่สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนและพัฒนาขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพได้แก่ แนวคิด รูปแบบ วิธีการ กระบวนการ และสื่อต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการศึกษาในรายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยเอกสารประกอบการเรียน จำนวน 5 เล่ม 5 หน่วยการเรียนรู้ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงรายละเอียดหน่วยการเรียนรู้ และจำนวนเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

เล่มที่	หน่วยการเรียนรู้	เนื้อหา
1	หลักการทำโครงงานเทคโนโลยีสารสนเทศ	1. โครงงานเทคโนโลยีสารสนเทศ 2. ขั้นตอนการทำโครงงาน
2	การเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	1. โครงสร้างพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์ 2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino 3. โครงสร้างโปรแกรมภาษา C สำหรับ Arduino 4. การเขียนผังงานและขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม 5. คำสั่งสำหรับควบคุมการทำงาน 6. โปรแกรม Arduino IDE



ตารางที่ 13 (ต่อ)

เล่มที่	หน่วยการเรียนรู้	เนื้อหา
3	โครงการงานเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวเบื้องต้น	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การควบคุมและใช้งานหลอด LED เบื้องต้น</li> <li>2. การควบคุมและใช้งานตัวต้านทานปรับค่าตามแสงแบบ LDR</li> <li>3. การควบคุมและใช้งานเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว</li> <li>4. การควบคุมและใช้งานเซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้นในดิน</li> <li>5. การควบคุมและใช้งานเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ</li> </ol>
4	โครงการงานเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง</li> <li>2. การตรวจจับการชนของหุ่นยนต์ด้วยไมโครสวิตช์</li> <li>3. การตรวจจับแสงสะท้อนอินฟราเรดในหุ่นยนต์</li> <li>4. การใช้งานเซ็นเซอร์วัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิกในหุ่นยนต์</li> <li>5. การควบคุมและใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ในหุ่นยนต์</li> </ol>
5	การนำเสนองานด้วยเทคโนโลยี	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. รูปแบบการนำเสนองานและการเลือกซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม</li> <li>2. การเลือกใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและอุปกรณ์สำหรับนำเสนองาน</li> </ol>

### 2.3 การตรวจสอบคุณภาพของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เบื้องต้น

หลังจากจัดทำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ตามขั้นตอนดังนี้

**2.3.1 นำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning พร้อมแบบประเมินความเหมาะสมไปขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบและประเมินความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)**

**2.3.2 นำคะแนนที่ได้จากการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาทำการหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด (2556 : 121) ให้ได้ค่าความเหมาะสมเฉลี่ย 3.51 ขึ้นไป และค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .60-1.00 จึงจะถือว่าเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ปรากฏว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดและผลการตรวจสอบความสอดคล้องปรากฏว่าได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง .80-1.00 ทุกข้อ (ภาคผนวก ข หน้า 203-206)**

**2.3.3 ปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง** ของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนจะนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนในการทดลองระยะที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ต่อไป

**2.3.4 ทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Testing)** นำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา หลังสิ้นสุดภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เป็นนักเรียนที่ผ่านการเรียนในรายวิชาเทคโนโลยี 5 จำนวน 3 คน โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 ระดับคือ เก่ง ปานกลางและอ่อน แล้วสุ่มจากระดับเก่ง 1 คน ปานกลาง 1 คน และอ่อน 1 คน เพื่อหาข้อบกพร่องของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ในขั้นตอนของการสอน ผลการทดลองทำให้ผู้วิจัยพบข้อบกพร่อง คือ เอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องของผังงานและขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมนักเรียนยังไม่ค่อยเข้าใจและเกิดความรู้สึกสับสนกับเครื่องหมายผังงานและตัวอย่างผังงานที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ในเอกสารประกอบการเรียน และเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 3 และเล่มที่ 4 นักเรียนไม่เข้าใจการอธิบายภาพวงจรการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีอยู่ในเอกสารประกอบการเรียนเป็นส่วนมาก จึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขในเรื่องของผังงานและรูปภาพวงจรก่อนนำไปใช้กับการทดลองกลุ่มเล็ก ดังนี้

1. ปรับปรุงภาพรายละเอียดผังงานในเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 2 โดยทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบผังงานและนำตัวอย่างผังงานที่มีความเข้าใจง่ายกว่าผังงานที่ได้ออกแบบไว้ในครั้งแรก

2. ปรับปรุงภาพวงจรการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำการเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ทั้งหมดในภาพแต่ละภาพให้เป็นสัดส่วนมีการปรับสีเส้น (สายสัญญาณ) ให้เห็นความแตกต่างกันเด่นชัด พร้อมมีคำอธิบายกำกับสายสัญญาณในวงจรทุกเส้น

### 2.3.5 ทดลองกลุ่มเล็ก (Small Group Testing) นำเอกสารประกอบการเรียน

การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนบ้านนาหว้า หลังสิ้นสุดภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เป็นนักเรียนที่ผ่านการเรียนในรายวิชาเทคโนโลยี 5 จำนวน 9 คน โดยการแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน แล้วสุ่มจากระดับเก่ง 2 คน ระดับปานกลาง 5 คน และระดับอ่อน 2 คน โดยไม่ซ้ำคนเดิม เพื่อต้องการทดสอบการใช้งานและอุปสรรคระหว่างการใช้งานเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ผลการทดลองทำให้ผู้วิจัยพบข้อบกพร่อง คือ เอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 3 และเล่มที่ 4 คำอธิบายการทำงานมีการอธิบายกระบวนการทำงานของตัวอย่างภายในเอกสารประกอบการเรียนยังไม่ชัดเจนทำให้นักเรียนไม่เข้าใจรู้สึกสับสนและในเรื่องของซอสโค้ดหรือคำสั่งในการเขียนโปรแกรม รวมถึงการใช้เครื่องหมายภายในโปรแกรม ยังมีการพิมพ์ซอสโค้ดและจัดวางเครื่องหมายในโปรแกรมต่าง ๆ มีรูปแบบบางตำแหน่งที่ไม่ถูกต้องทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกไม่แน่ใจ ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขในเรื่องคำอธิบายตัวอย่างการจัดวางซอสโค้ดของโปรแกรมรวมถึงการใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ภายในโปรแกรมในส่วนที่บกพร่องหรือมีปัญหาเพื่อนำไปใช้กับการทดลองภาคสนาม ดังนี้

1. ปรับปรุงคำอธิบายตัวอย่างการทดลองในเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 3 และเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 4 โดยทำการปรับเปลี่ยนคำอธิบายและกระบวนการทำงานของตัวอย่างภายในเอกสารประกอบการเรียน โดยมีการใช้คำและเรียบเรียงคำอธิบายใหม่ นักเรียนสามารถอ่านและทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

2. ปรับปรุงการจัดวางรูปแบบของซอสโค้ดในเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 3 และเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 4 ให้ดูง่ายแก่การทำความเข้าใจ เช่น การจัดวางรูปแบบของคำสั่งเงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถดูซอสโค้ดแล้วเข้าใจได้ทันทีว่าในแต่ละฟังก์ชันการทำงานเริ่มจากจุดใดและสิ้นสุดที่จุดใด หรือการใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ในตัวอย่างโปรแกรม เช่น เครื่องหมายปีกกา เครื่องหมายเซมิโคลอนสำหรับสิ้นสุดคำสั่งในแต่ละบรรทัด เป็นต้น

### 2.3.6 ทดลองภาคสนาม (Field Testing) เป็นการนำเอกสารประกอบการเรียน

การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ที่ได้แก้ไขข้อบกพร่องแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนบ้านนาหว้า หลังสิ้นสุดภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ซึ่งเป็นนักเรียนที่ได้ผ่านการเรียนในรายวิชาเทคโนโลยี 5 จำนวน 30 คน โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน แล้วสุ่มจากระดับเก่ง 8 คน ระดับปานกลาง 14 คน และระดับอ่อน 8 คน เพื่อหาความเหมาะสมในด้านเวลาที่ใช้ในแต่ละเนื้อหาและแต่ละกิจกรรม เมื่อนำไปใช้กับนักเรียนจำนวน 30 คน ตลอดถึงการนำเสนอกิจกรรมโครงงานของนักเรียน ก่อนนำไปทดลองใช้จริงเพื่อหาประสิทธิภาพในการทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ผลการทดลองทำให้ผู้วิจัยพบข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุง คือ ได้แก่ การเพิ่มคำอธิบายข้อสัคต์ในแต่ละบรรทัดของโปรแกรมตัวอย่างและการเพิ่มเนื้อหาช่องทางการเรียนรู้เพิ่มเติมจึงได้ปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1. การเพิ่มเติมคำอธิบายข้อสัคต์ในหัวข้อ “รายละเอียดโค้ดโปรแกรม” เพื่ออธิบายข้อสัคต์ในแต่ละบรรทัดว่ามีหน้าที่ทำอะไรในโปรแกรม ทั้งในเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 3 และเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 4 ซึ่งนักเรียนสามารถอ่านและทำความเข้าใจในส่วนข้อสัคต์โปรแกรมได้ง่ายขึ้น
2. การเพิ่ม QR CODE (Quick Response) เพื่อแนะนำแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ สำหรับให้นักเรียนสามารถใช้สมาร์ทโฟนหรืออุปกรณ์โมบายอื่น ๆ สแกน QR CODE จากนั้นระบบก็จะนำไปยังลิงค์ข้อมูลที่ได้ทำการเชื่อมโยงไว้เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมได้ ซึ่งมีทั้งความรู้ที่เป็นเนื้อหาและวิดีโอ ประกอบการทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

### ขั้นตอนที่ 3 การนำนวัตกรรมไปทดลองใช้ (Implementation=Research : R<sub>2</sub>)

เป็นการทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยได้ทำการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ลักษณะการดำเนินการทดลอง
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือ
5. รูปแบบของการวิจัย

6. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล
8. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 การทดลองระยะที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

#### 3.1.1 ลักษณะการดำเนินการทดลอง

เป็นการดำเนินการทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) และทำการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Try Out) ผู้วิจัยทำการทดลองในช่วงเวลาปิดภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

#### 3.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ในการทดลองระยะที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากโรงเรียนชุมชนบ้านนาวา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครศรีธรรมราช เขต 2 ซึ่งเป็นโรงเรียนขยายโอกาส มีบริบทการสอนรายวิชาเทคโนโลยี 5 เหมือนกัน โดยขอใช้นักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผ่านการเรียนรายวิชาเทคโนโลยี 5 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 67 คน โดยได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยวิธีการจับสลาก จำนวน 56 คน (จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียน 67 คน) เพื่อเข้าร่วมทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ในช่วงปิดภาคเรียนที่ 1 เป็นกลุ่มทดลอง (Try Out)

##### 2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ในการทดลองใช้เครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Try Out) มี 3 กลุ่ม ดังนี้

2.1 ทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Testing) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา จำนวน 3 คน ได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยสุ่มจากนักเรียนระดับเก่ง 1 คน ปานกลาง 1 คน และอ่อน 1 คน มีวิธีดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างดังนี้ (การสุ่มทั้งหมดใช้วิธีการจับสลาก)

2.1.1 เรียงลำดับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 56 คน ตามคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยเรียงจากคะแนนสูงไปหาคะแนนต่ำ

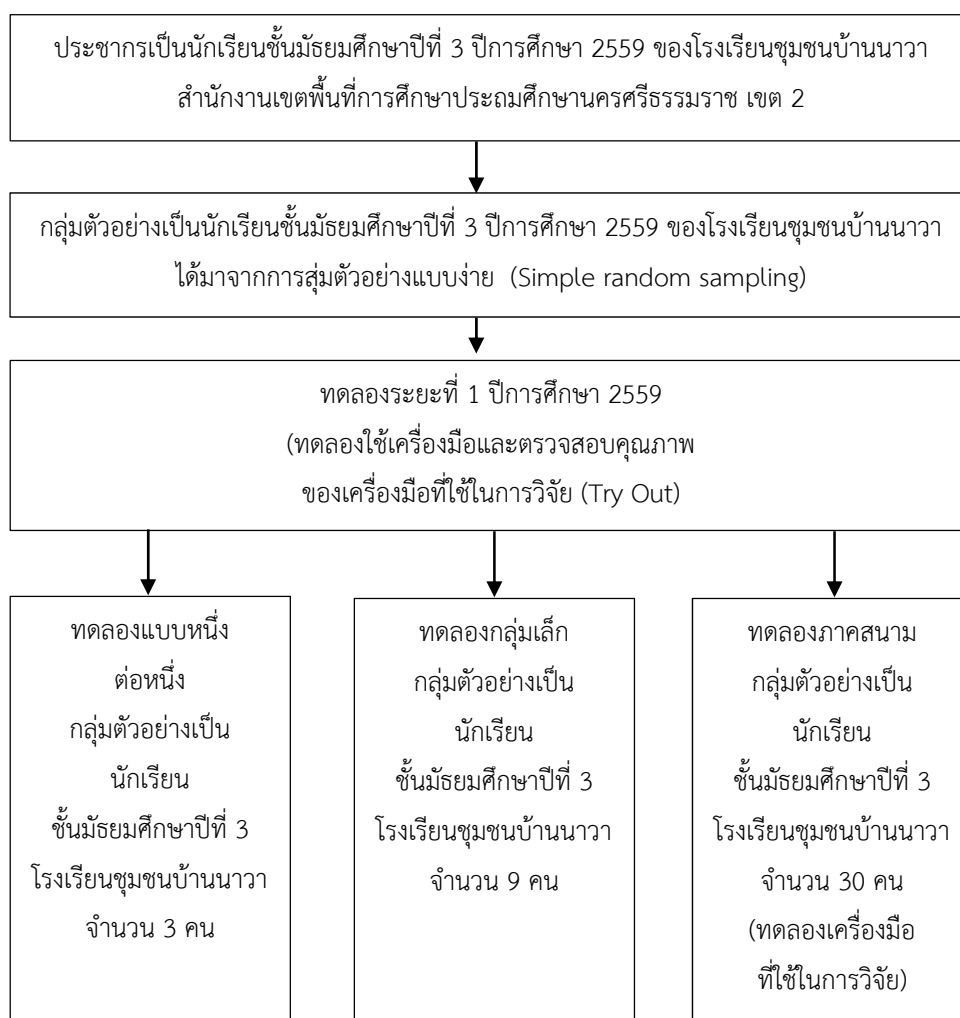
2.1.2 แบ่งนักเรียนออกเป็น 3 ระดับ คือนักเรียนที่มีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 27 บน เป็นระดับเก่ง นักเรียนที่มีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ร้อยละ 46 ตรงกลาง เป็นระดับปานกลาง และนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 27 ล่าง เป็นระดับอ่อน

2.1.3 สุ่มนักเรียนทั้ง 3 ระดับโดยใช้วิธีจับสลากเข้าเป็นกลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนระดับเก่ง 1 คน ปานกลาง 1 คน และอ่อน 1 คน รวม 3 คน

2.2 ทดลองกลุ่มเล็ก (Small Group Testing) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา จำนวน 9 คน ได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ใช้วิธีดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกับการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ต่างกันที่จำนวนของการสุ่มนักเรียนเข้าเป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มครั้งนี้จะสุ่มจากระดับเก่ง 2 คน ปานกลาง 5 คน และอ่อน 2 คน รวม 9 คน (ไม่ซ้ำคนเดิม)

2.3 ทดลองภาคสนาม (Field Testing) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากรีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ใช้วิธีดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกับการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ต่างกันที่จำนวนของการสุ่มนักเรียนเข้าเป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มครั้งนี้จะสุ่มจากระดับเก่ง 8 คน ปานกลาง 14 และอ่อน 8 คน รวม 30 คน (ไม่ซ้ำคนเดิม) เพื่อทดลองใช้และตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในเบื้องต้น (Try Out เครื่องมือ)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยที่ใช้ในการทดลองระยะที่ 1 สามารถสรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 13 สรุปภาพรวมของประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองระยะที่ 1

### 3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การทดลองระยะที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เป็นการทดลองใช้เครื่องมือและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Try Out) ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. เอกสารประกอบการเรียนการสอนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)
2. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) จำนวน 20 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 35 ชั่วโมง (ทดลองใช้ภาคสนามกับนักเรียนจำนวน 30 คน)

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สารที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบมี 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ต้องการใช้จริงเพียง 40 ข้อ (ทดลองใช้หลังทดลองภาคสนามกับนักเรียนจำนวน 30 คน เป็นนักเรียนที่ใช้ทดลองแผนการจัดการเรียนรู้ 30 คน)

4. แบบประเมินชิ้นงาน สำหรับใช้เพื่อวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 4 รายการ ต้องการใช้จริงทั้ง 4 รายการ (ทดลองใช้ระหว่างทดลองภาคสนามกับนักเรียนจำนวน 30 คน เป็นนักเรียนที่ใช้ทดลองแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 30 คน)

5. แบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 12 ข้อ ต้องการใช้จริงทั้ง 12 ข้อ (ทดลองใช้หลังทดลองภาคสนามกับนักเรียนจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มเดียวกันกับที่ทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

### 3.1.4 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

#### 1. เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ได้นำเสนอไว้แล้วในขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) (หน้า 102-108)

2. แผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น เพื่อที่จะแสดงกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พร้อมกับได้แสดงรายละเอียดการใช้งานเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based



Learning) ประกอบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนเพื่อใช้กับกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยได้จัดทำ และหาคุณภาพ ดังนี้

1. ศึกษาพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พุทธศักราช 2553

2. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และ หลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2553 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เกี่ยวกับ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-3)

3. วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น เพื่อกำหนดสาระการเรียนรู้และ กำหนดผลการเรียนที่คาดหวังรายปี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

4. ศึกษาคำอธิบายรายวิชา กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2553

5. ศึกษาหนังสือเรียน เอกสารประกอบการสอน รายวิชาเทคโนโลยี 5 ใน เนื้อหาเรื่องการเขียนโปรแกรม การจัดทำโครงการ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

6. แบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย เพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาและเวลาที่ใช้ ในการสอนแต่ละครั้ง พร้อมระบุมาตรฐานการเรียนรู้ว่าตรงกับมาตรฐานใด ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหา ออกเป็น 5 หน่วยหลัก ประกอบด้วย 20 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 35 ชั่วโมง ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงข้อมูลของแผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แผนการจัดการเรียนรู้
1. หลักการทำโครงการ เทคโนโลยีสารสนเทศ	3	1. โครงการเทคโนโลยีสารสนเทศ 2. ขั้นตอนการทำโครงการ
2. การเขียนโปรแกรม ขั้นพื้นฐานด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	8	3. โครงสร้างพื้นฐานระบบคอมพิวเตอร์ 4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino 5. โครงสร้างโปรแกรมภาษา C สำหรับ Arduino 6. การเขียนผังงานและขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม 7. คำสั่งสำหรับควบคุมการทำงาน 8. เรื่อง โปรแกรม Arduino IDE

ตารางที่ 14 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	แผนการจัดการเรียนรู้
3. โครงการงานเขียน โปรแกรมระบบสมอง กลฝังตัวเบื้องต้น	10	9. การควบคุมและใช้งานหลอด LED เบื้องต้น 10. การควบคุมและใช้งานตัวต้านทานปรับค่าตามแสง แบบ LDR 11. การควบคุมและใช้งานเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว 12. การควบคุมและใช้งานเซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้นในดิน 13. การควบคุมและใช้งานเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ในอากาศ
4. โครงการงานเขียน โปรแกรมควบคุม หุ่นยนต์เบื้องต้น	10	14. การขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 15. การตรวจจับการชนของหุ่นยนต์ด้วยโมดูลสวิตช์ 16. การตรวจจับแสงสะท้อนอินฟราเรดในหุ่นยนต์ 17. การใช้งานเซ็นเซอร์วัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ในหุ่นยนต์ 18. การควบคุมและใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ในหุ่นยนต์
5. การนำเสนองานด้วย เทคโนโลยี	4	19. รูปแบบการนำเสนองานและการเลือกซอฟต์แวร์ที่ เหมาะสม 20. การเลือกใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและอุปกรณ์สำหรับ นำเสนองาน

7. ศึกษาแนวคิด รูปแบบ ลักษณะที่ดีของแผนการจัดการเรียนรู้และวิธีการ  
จัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

8. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน  
โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงการเป็นฐาน(Project Based Learning)  
เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สาระที่ 3  
เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบการจัด  
กิจกรรมการเรียนรู้ ตามหน่วยการเรียนรู้ในข้อที่ 6 จำนวน 20 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรูปแบบ  
ดังนี้

- 8.1 มาตรฐานการเรียนรู้
- 8.2 ตัวชี้วัด
- 8.3 สาระสำคัญ
- 8.4 จุดประสงค์การเรียนรู้
- 8.5 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน
- 8.6 คุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 8.7 สาระการเรียนรู้
- 8.8 กิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

#### ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. **ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน** ครูให้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นเกี่ยวกับการทำโครงการก่อนการเรียนรู้ เนื่องจากการทำโครงการมีรูปแบบและขั้นตอนที่ชัดเจนและรัดกุม ดังนั้นนักเรียนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงการไว้เป็นพื้นฐาน เพื่อใช้เป็นความรู้ในการปฏิบัติขณะทำงานโครงการจริง ในขั้นแสวงหาความรู้

#### ขั้นจัดการเรียนรู้

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

3. **ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ** ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันแสวงหาความรู้ใช้กระบวนการกลุ่มในการวางแผนดำเนินกิจกรรม โดยนักเรียนเป็นผู้ร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเอง โดยระดมความคิดและหารือ แบ่งหน้าที่เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติร่วมกัน หลังจากที่ได้ทราบหัวข้อสิ่งที่ตนเองต้องเรียนรู้ในภาคเรียนนั้นๆ เรียบร้อยแล้ว

4. **ขั้นแสวงหาความรู้** ในขั้นแสวงหาความรู้มีแนวทางปฏิบัติสำหรับนักเรียนในการทำกิจกรรม ดังนี้

1. นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงการ ตามหัวข้อที่กลุ่มสนใจ
2. นักเรียนปฏิบัติหน้าที่ของตนตามข้อตกลงของกลุ่ม พร้อมทั้งร่วมมือกันปฏิบัติกิจกรรม โดยขอคำปรึกษาจากครูเป็นระยะเมื่อมีข้อสงสัยหรือปัญหาเกิดขึ้น
3. นักเรียนร่วมกันเขียนรูปเล่ม สรุปรายงานจากโครงการที่ตน

ปฏิบัติ

### ขั้นสรุป

5. **ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้** ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้จากการทำกิจกรรม โดยครูใช้คำถาม ถามนักเรียนนำไปสู่การสรุปสิ่งที่เรียนรู้
6. **ขั้นนำเสนอผลงาน** ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการเรียนรู้ โดยครูออกแบบกิจกรรมหรือจัดเวลาให้นักเรียนได้เสนอสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้ เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้นและนักเรียนอื่นๆ ในโรงเรียนได้ชมผลงานและเรียนรู้กิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติในการทำโครงงาน
  - 8.9 สื่อการเรียนรู้
  - 8.10 การวัดและประเมินผล
  - 8.11 บันทึกผลการจัดการเรียนรู้
  - 8.12 สรุปผลหลังการจัดการเรียนรู้
9. จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน(Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เขียนเสร็จแล้วพร้อมตรวจสอบความเรียบร้อย
10. นำแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน(Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่พิมพ์และตรวจสอบความเรียบร้อยแล้วพร้อมแบบประเมินคุณภาพและแบบประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ ไปขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้
11. นำคะแนนคุณภาพที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ยนำไปเทียบกับเกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด (2556 : 121) โดยให้คุณภาพเฉลี่ย 3.51 ขึ้นไป และค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .60-1.00 จึงจะถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินปรากฏว่าคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 และผลการตรวจสอบความสอดคล้องปรากฏว่าได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง .80-1.00 ทุกข้อ (ภาคผนวก ค หน้า 210-213)
12. ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในแผนการจัดการเรียนรู้ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ
13. นำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน(Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา จำนวน 30 คน ในการทดลองระยะที่ 1 ทดลองภาคสนาม

(Field Testing) พร้อมกับเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อหาความเหมาะสมเกี่ยวกับเนื้อหาสาระ กิจกรรม สื่อการเรียนรู้ เวลาและภาษาที่ใช้ แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

14. นำแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องแล้ว มาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้หาประสิทธิภาพกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในการทดลองระยะที่ 2 ต่อไป

### 3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีจุดประสงค์เพื่อใช้ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรายวิชาเทคโนโลยี 5 จากการใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนทดลองและหลังทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1. ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหา มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการพัฒนาโครงการ การเขียนโปรแกรมภาษาขั้นพื้นฐาน การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศนำเสนองานในรูปแบบที่เหมาะสมกับลักษณะงานและวิธีการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างงานตามหลักของการทำโครงการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระ ตัวชี้วัดที่ต้องการวัด และจำนวนข้อของแบบทดสอบ

3. ศึกษาการสร้างแบบทดสอบที่ดี จากหนังสือการวิจัยเบื้องต้น (บุญชม ศรีสะอาด. 2545 : 78-93) การวัดผลการศึกษา (สมนึก ภัททิยธนี. 2544 : 214-230)

4. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเทคโนโลยี 5 จากการใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ต้องการใช้จริง 40 ข้อ ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

5. สร้างแบบประเมินความเหมาะสมแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเทคโนโลยี 5 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน(Project Based Learning) เป็นแบบ มาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามวิธีการของลิเคิร์ต (Likert's Summated Rating Scale) คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด จำนวน 8 ข้อ โดยผู้ทำแบบประเมิน ความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องอ่านข้อความในแบบประเมินทีละ ข้อและพิจารณาว่าข้อความในแต่ละรายการมีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด โดยตรวจให้คะแนน คำตอบด้านบวกเป็นค่าสูง ด้านลบเป็นค่าต่ำ (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 121-122) ดังนี้

กรณีที่ 1 ข้อความที่มีความหมายทางบวก ได้คะแนน ดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ตรวจให้ 5 คะแนน
เห็นด้วย	ตรวจให้ 4 คะแนน
ไม่แน่ใจ	ตรวจให้ 3 คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ตรวจให้ 2 คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ตรวจให้ 1 คะแนน

กรณีที่ 2 ข้อความที่มีความหมายทางลบ ได้คะแนน ดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ตรวจให้ 1 คะแนน
เห็นด้วย	ตรวจให้ 2 คะแนน
ไม่แน่ใจ	ตรวจให้ 3 คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ตรวจให้ 4 คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ตรวจให้ 5 คะแนน

สำหรับเกณฑ์ในการแปลผล กำหนดดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00	แปลความว่า	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50	แปลความว่า	เห็นด้วย
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50	แปลความว่า	ไม่แน่ใจ
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50	แปลความว่า	ไม่เห็นด้วย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49	แปลความว่า	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

6. นำแบบทดสอบพร้อมแบบตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์ ไปขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบ เครื่องมือโดยพิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์ที่ ต้องการประเมิน รวมถึงความเหมาะสมของข้อความคำถามและภาษาที่ใช้ โดยทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

เสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบดูความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์และเนื้อหาหรือเรียกว่า IOC โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- +1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์
- 0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์
- 1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

7. นำแบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อทำการประเมินความเหมาะสมและตรวจสอบความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

8. นำผลคะแนนที่ได้จากการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเทคโนโลยี 5 จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ยนำไปเทียบกับเกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (2556 : 121) โดยให้ได้ค่าความเหมาะสมเฉลี่ย 3.51 ขึ้นไป จึงจะถือว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเทคโนโลยี 5 ใช้ได้ ผลการประเมินปรากฏว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 (รายละเอียดในภาคผนวก ง หน้า 234)

9. นำผลที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความสอดคล้องและค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายข้อ โดยใช้สูตรหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี. 2551 : 221) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) .60-1.00 จึงถือว่าใช้ได้ ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวก็จะปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ผลการตรวจสอบความสอดคล้องปรากฏว่าได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง .80-1.00 ทุกข้อ (รายละเอียดในภาคผนวก ง หน้า 235-237)

10. จัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับทดลอง จำนวน 50 ข้อ เพื่อนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 30 คน หลังสิ้นสุดการทดลองภาคสนาม (Try Out) และหลังจากนักเรียนได้เรียนในรายวิชาเทคโนโลยี 5 โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) แล้ว 1 วัน

11. นำกระดาษคำตอบของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน โดยหากตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบไม่ถูกหรือไม่ตอบหรือตอบเกินให้ 0 คะแนน

12. นำคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองภาคสนาม (Field Testing) มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเทคโนโลยี 5 จากผลการสอบครั้งเดียว (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 105) แล้วเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ตั้งแต่ .20-1.0 ไว้ใช้โดยผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบไว้จำนวน 40 ข้อ ที่มีค่าความยากระหว่าง .20-80 และมี

ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ซึ่งได้ข้อสอบครอบคลุมครบตามตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ (รายละเอียดในภาคผนวก ง หน้า 238-248)

13. นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 40 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 104) โดยใช้สูตร KR21 ซึ่งดัดแปลงที่ดัดแปลงมาจากสูตร KR20 ของ Kuder- Richardson ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ .85 (รายละเอียดในภาคผนวก ง หน้า 249-257)

14. จัดพิมพ์ข้อสอบทั้ง 40 ข้อ เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเทคโนโลยี 5 จากการใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างในการทดลองระยะที่ 2 ต่อไป (รายละเอียดในภาคผนวก ง หน้า 258-269)

#### 4. แบบประเมินชิ้นงาน

การสร้างแบบประเมินชิ้นงาน มีจุดประสงค์เพื่อใช้วัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหา มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการพัฒนาโครงงาน การเขียนโปรแกรมภาษาขั้นพื้นฐาน ตัวชี้วัดที่ต้องการวัดและจำนวนรายการที่ต้องการวัด

3. สร้างแบบประเมินชิ้นงาน เพื่อใช้วัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) แบบให้ระดับคุณภาพ 5 ระดับ (Rating Scale) ตามวิธีการของลิเคิร์ต (Likert's Summated Rating Scale) คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ ปรับปรุง จำนวน 4 รายการ โดยข้อความในแบบประเมินชิ้นงานเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของนักเรียน



ซึ่งผู้ที่ทำการประเมินชิ้นงานจะต้องอ่านข้อความในแบบประเมินชิ้นงานที่ละรายการและพิจารณาว่าข้อความในแต่ละรายการตรงกับลักษณะหรือรายละเอียดของชิ้นงานที่ต้องการประเมินเพื่อวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของผู้เรียนมากนักน้อยเพียงใด โดยตรวจให้คะแนนจากการประเมินชิ้นงานตามระดับคุณภาพของชิ้นงาน 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 121-122) ดังนี้

#### ระดับคุณภาพ

ดีมาก	ให้ 5 คะแนน
ดี	ให้ 4 คะแนน
ปานกลาง	ให้ 3 คะแนน
พอใช้	ให้ 2 คะแนน
ปรับปรุง	ให้ 1 คะแนน

#### สำหรับเกณฑ์ในการแปลผล กำหนดดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00	แปลความว่า	มีความสามารถอยู่ในระดับ ดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50	แปลความว่า	มีความสามารถอยู่ในระดับ ดี
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50	แปลความว่า	มีความสามารถอยู่ในระดับ ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50	แปลความว่า	มีความสามารถอยู่ในระดับ พอใช้
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49	แปลความว่า	มีความสามารถอยู่ในระดับ ปรับปรุง

4. นำแบบประเมินชิ้นงาน เพื่อใช้วัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ที่สร้างเสร็จแล้วไปขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินชิ้นงาน โดยพิจารณาความเหมาะสมของข้อความรายการประเมินชิ้นงานและภาษาที่ใช้ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง	เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินชิ้นงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์
0 หมายถึง	เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบประเมินชิ้นงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์
-1 หมายถึง	เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินชิ้นงานไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์

5. นำคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าความเหมาะสมและค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยค่าความเหมาะสมมากกว่าหรือเท่ากับ 3.51 และค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.60 จะถือว่าใช้ได้ ถ้าไม่ผ่านก็ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญจนครบ จำนวน 4 รายการ ผลการประเมินปรากฏว่าแบบประเมินชิ้นงาน สำหรับใช้วัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และค่าดัชนีความสอดคล้อง .80-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก จ หน้า 274-275)

6. นำเกณฑ์ประเมินชิ้นงาน สำหรับใช้วัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ฉบับทดลองไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา จำนวน 30 คน (เป็นนักเรียนกลุ่มเดียวกับที่ใช้ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) ในระหว่างการทดลองภาคสนาม (Field Testing) โดยให้ครูที่สอนรายวิชาคอมพิวเตอร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี จำนวน 2 คน ทดลองใช้ประเมินชิ้นงานของนักเรียน และสังเกตความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของนักเรียน เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) (รายละเอียดในภาคผนวก จ หน้า 276)

7. นำผลการประเมินชิ้นงานมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index : RAI) พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินมีค่าเท่ากับ .88 (รายละเอียดดังภาคผนวก จ หน้า 277-278)

8. ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินชิ้นงาน และจัดพิมพ์แบบประเมินชิ้นงาน เพื่อใช้วัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

## 5. แบบประเมินความพึงพอใจ

การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อต้องการทราบความรู้สึก ความคิดเห็นของนักเรียนหลังทดลองเสร็จสิ้นแล้ว โดยเป็นนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. ศึกษาจุดประสงค์ของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี
2. ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความพึงพอใจและวิธีสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ
3. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project Based Learning) แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามวิธีการของลิเคิร์ต (Likert's Summated Rating Scale) คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด จำนวน 12 ข้อ โดยข้อความในแบบประเมินความพึงพอใจเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับความพึงพอใจความคิดเห็นของนักเรียนต่อเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project Based Learning) ซึ่งผู้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจนี้จะต้องอ่านข้อความในแบบประเมินทีละข้อและพิจารณาว่าข้อความในแต่ละข้อตรงกับความพึงพอใจและความคิดเห็นของผู้ตอบมากน้อยเพียงใด โดยตรวจให้คะแนนคำตอบด้านบวกเป็นค่าสูง ด้านลบเป็นค่าต่ำ (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 121-122) ดังนี้

กรณีที่ 1 ข้อความที่มีความหมายทางบวก ได้คะแนน ดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ตรวจให้ 5 คะแนน
เห็นด้วย	ตรวจให้ 4 คะแนน
ไม่แน่ใจ	ตรวจให้ 3 คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ตรวจให้ 2 คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ตรวจให้ 1 คะแนน

กรณีที่ 2 ข้อความที่มีความหมายทางลบ ได้คะแนน ดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ตรวจให้ 1 คะแนน
เห็นด้วย	ตรวจให้ 2 คะแนน
ไม่แน่ใจ	ตรวจให้ 3 คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ตรวจให้ 4 คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ตรวจให้ 5 คะแนน

สำหรับเกณฑ์ในการแปลผล กำหนดดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00	แปลความว่า	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50	แปลความว่า	เห็นด้วย
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50	แปลความว่า	ไม่แน่ใจ
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50	แปลความว่า	ไม่เห็นด้วย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49	แปลความว่า	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

4. นำแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ที่สร้างเสร็จแล้วไปขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินความพึงพอใจ โดยพิจารณาความเหมาะสมของข้อความและภาษาที่ใช้ รวมถึงประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อความกับคุณลักษณะที่มีความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง	เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินมีความสอดคล้องและเหมาะสม
0 หมายถึง	เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบประเมินมีความสอดคล้องและเหมาะสม
-1 หมายถึง	เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินไม่มีความสอดคล้องและเหมาะสม

5. นำคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าความเหมาะสมและค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยค่าความเหมาะสมมากกว่าหรือเท่ากับ 3.51 และค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.60 จะถือว่าใช้ได้ ถ้าไม่ผ่านก็ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จนครบ จำนวน 12 ข้อ ผลการประเมินปรากฏว่าแบบประเมินความพึงพอใจมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และค่าดัชนีความสอดคล้อง .80-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ หน้า 284-287)

6. นำแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ฉบับทดลองไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา จำนวน 30 คน (เป็นนักเรียนกลุ่มเดียวกับที่ใช้ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) หลังสิ้นสุดการทดลองภาคสนาม (Field Testing) ในการทดลองระยะที่ 1 แล้ว 2 วัน แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์อัลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) ของครอนบัก (Cronbach) (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 117) ผลปรากฏว่าได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .80 (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ หน้า 288-292)

7. จัดพิมพ์แบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างในการทดลองระยะที่ 2

### 3.1.5 รูปแบบของการวิจัย

การทดลองระยะที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เป็นการทดลองใช้เครื่องมือและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Try Out) ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### 3.1.6 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองระยะที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองซึ่งมีวิธีดำเนินการ ดังนี้

#### 1. ระยะเวลาในการทดลอง

ผู้วิจัยได้นำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มาดำเนินการทดลองจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง ใช้เวลา 18 วัน วันละ 2 ชั่วโมง จำนวน 35 ชั่วโมง และปฐมนิเทศ จำนวน 1 ชั่วโมง (ไม่นับรวมกับเวลาที่ใช้ในการทดสอบก่อนทดลองและหลังทดลอง) โดยดำเนินการทดลองในระยะที่ 1 ปีการศึกษา 2559 กับนักเรียนโรงเรียนชุมชนบ้านนาหว้า ดังรายละเอียดในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองระยะที่ 1 ปีการศึกษา 2559

การทดลอง	ปีการศึกษา	วัน เดือน ปี	ลักษณะการทดลอง	โรงเรียน
ระยะที่ 1 (ทำการ ทดลองแบบ คู่ขนาน)	2559	1 ต.ค. 59 – 18 ต.ค. 59	ทดลองใช้เอกสารประกอบการ เรียนการเขียนโปรแกรมควบคุม หุ่นยนต์และระบบสมองกลฝัง ตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง	โรงเรียนชุมชน บ้านนาวา
		7 ต.ค. 59 – 24 ต.ค. 59	ทดลองใช้เอกสารประกอบการ เรียนการเขียนโปรแกรมควบคุม หุ่นยนต์และระบบสมองกลฝัง ตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ทดลองกลุ่มเล็ก	โรงเรียนชุมชน บ้านนาวา
		14 ต.ค. 59 – 31 ต.ค. 59	ทดลองใช้เอกสารประกอบการ เรียนการเขียนโปรแกรมควบคุม หุ่นยนต์และระบบสมองกลฝัง ตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) (ทดลองภาคสนาม (Try Out))	โรงเรียนชุมชน บ้านนาวา

ตามช่วงระยะเวลาที่แสดงไว้ในตารางที่ 15 ในการทดลองระยะที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำหนังสือ  
ประสานขอความร่วมมือกับทางโรงเรียนชุมชนบ้านนาวา เพื่อทำการทดลองใช้เครื่องมือและ  
ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Try Out) ช่วงเวลาปิดภาคเรียนที่ 1 (เดือนตุลาคม)  
กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยได้กำหนดเวลาในการทดลอง ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 วันและเวลาการทดลองระยะที่ 1 ของนักเรียนโรงเรียนชุมชนบ้านนาวา

วัน	เวลา
ทุกวัน	10.00 - 12.00 น.

จากตารางที่ 16 แสดงเวลาการทดลองในแต่ละวันของนักเรียนกลุ่มทดลองใช้กับการทดลองระยะที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ทดลองใช้เครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Try Out) ในการทดลองภาคสนาม (Field Testing)

## 2. วิธีดำเนินการทดลอง

เป็นการทดลองใช้เครื่องมือและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Try Out) ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากโรงเรียนชุมชนบ้านนาวา ซึ่งเป็นโรงเรียนขยายโอกาสอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงและมีบริบทการสอนรายวิชาเทคโนโลยี 5 เหมือนกัน โดยทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) และตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Try Out) ช่วงเวลาปิดภาคเรียนที่ 1 (เดือนตุลาคม) ในปีการศึกษา 2559 ทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผ่านการเรียนรายวิชาเทคโนโลยี 5 มาแล้ว ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการทดลองระยะที่ 2 และระยะที่ 3 ในปีการศึกษา 2560-2561 ต่อไป ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการด้วยตัวเองทั้งหมดแบ่งการทดลองเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.1 การทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Testing) เป็นการเตรียมความพร้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผ่านการเรียนรายวิชาเทคโนโลยี 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา จำนวน 3 คน โดยได้ทำการแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอนและการทำกิจกรรมโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อหาข้อบกพร่องของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยการสังเกต สอบถามพร้อมทำการบันทึกข้อมูลข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบ แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้กับการทดลองกลุ่มเล็กต่อไป

2.2 ทดลองกลุ่มเล็ก (Small Group Testing) เป็นการเตรียมความพร้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผ่านการเรียนรายวิชาเทคโนโลยี 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา จำนวน 9 คน (ไม่ซ้ำคนเดิม) แนะนำนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอนและการทำกิจกรรมโดยทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อทดสอบการใช้งานเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) และอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องก่อนนำไปใช้กับการทดลองภาคสนามต่อไป

2.3 ทดลองภาคสนาม (Field Testing) ดำเนินการทดลองโดยให้นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผ่านการเรียนรายวิชาเทคโนโลยี 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา โดยได้แนะนำนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการทดลองใช้ เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อทดสอบความสมบูรณ์ของการใช้งานในภาพรวมทั้งหมด และปัญหาอุปสรรค ซึ่งนอกจากทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุม หุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) แล้วยังได้ ทดลองเพื่อตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยต่าง ๆ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสาร ประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยได้ดำเนินการ ดังนี้

2.3.1 การเตรียมความพร้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผ่านการเรียนรายวิชาเทคโนโลยี 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา จำนวน 30 คน (ไม่ซ้ำคนเดิม) โดยแนะนำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ของบทเรียน บทบาทของ นักเรียน การกำหนดกลุ่มเรียนและการทำงานกิจกรรมร่วมกัน พร้อมกับแนะนำวิธีการจัดกิจกรรมการ เรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานและการปฏิบัติกิจกรรมจากการใช้เอกสารประกอบการเรียนการ เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) การเรียนรู้คำสั่ง ทักษะพื้นฐานของการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น วงจรพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมถึงการจัดทำโครงงานและนำเสนอผลงาน

2.3.2 กำหนดนักเรียนเข้ากลุ่มย่อย ตามแผนการจัดการเรียนรู้ของ นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จะแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แบบคละความสามารถทาง การเรียน ดังนั้น เพื่อลดปัญหาระหว่างการทดลองและลดความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (เนื่องจาก จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างมี 30 คน) จึงได้กำหนดนักเรียนแต่ละคนเข้ากลุ่มย่อยไว้ล่วงหน้าโดย ปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจำนวนกลุ่มย่อย ในการตัดสินใจว่ามีจำนวนกลุ่ม เท่าไหร่ ให้หารจำนวนนักเรียนทั้งหมดด้วย 4 ถ้าหารลงตัวก็ได้จำนวนกลุ่มตามผลหารที่ได้ (ถ้าเป็นไป ได้แต่ละกลุ่มควรมีสมาชิก 4 คน) ถ้าหารไม่ลงตัวเหลือเศษ 1,2 หรือ 3 ก็จะได้ 1,2 หรือ 3 กลุ่มที่มี จำนวนสมาชิก 5 คน เช่น ในการทดลองครั้งนี้ใช้นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 30 คน ก็จะได้ 7 กลุ่ม โดย 5 กลุ่มแรก มีสมาชิก 4 คน และ 2 กลุ่มหลังมีสมาชิก 5 คน



2. นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนรายวิชาเทคโนโลยี 5 ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย มาจัดลำดับชั้นของนักเรียน โดยเรียงลำดับจากคะแนนสูงไปหาคะแนนต่ำ

3. จัดนักเรียนเข้ากลุ่มย่อย การจัดนักเรียนเข้ากลุ่มย่อย กลุ่มละ 4-5คน โดยใช้ตารางลำดับชั้นคะแนนของนักเรียน เพื่อลดความแตกต่างระหว่างกลุ่มในการแบ่งนักเรียนทำกิจกรรมหรือโครงการในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้แต่ละกลุ่มประกอบไปด้วยนักเรียนแบบความสามารถทางการเรียน ประกอบด้วย เก่ง 1 คน ปานกลาง 2-3 คน และอ่อน 1 คน และระดับคะแนนเฉลี่ยของทุกกลุ่มในชั้นเท่า ๆ กัน จึงใช้ตารางลำดับชั้นคะแนนของนักเรียนจัดแบ่งกลุ่มโดยใส่ชื่อกลุ่มลงไปบนชื่อของนักเรียนแต่ละคน (ชื่อลำดับผู้เรียน) โดยเริ่มจากนักเรียนคนแรกที่มีคะแนนสูงสุดเรียงลำดับต่อเนื่องกันตั้งแต่ A ถึง G เมื่อเรียงไปถึง G แล้วให้เรียงใหม่ในทิศทางตรงกันข้ามและให้เริ่มกระบวนการใหม่จากนักเรียนคนสุดท้ายขึ้นมา โดยเริ่มต้นและจบลงด้วยอักษร A แต่เนื่องจากนักเรียนในชั้นมี 30 คน จึงได้ 5 กลุ่มแรก (A, B, C, D, E) มีสมาชิก 4 คน และ 2 กลุ่มหลัง (F, G) มีสมาชิก 5 คน ดังตัวอย่างในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงการจัดนักเรียนเข้ากลุ่มย่อย โดยใช้ตารางลำดับชั้นคะแนนของนักเรียน

ระดับผู้เรียน	ชื่อลำดับผู้เรียน	กลุ่มสังกัด
นักเรียน เรียนเก่ง	1	A
	2	B
	3	C
	4	D
	5	E
	6	F
	7	G
นักเรียน เรียนปานกลาง	8	G
	9	F
	10	E
	11	D
	12	C
	13	B
	14	A
	15	G
	16	F
	17	A
	18	B
	19	C
	20	D
	21	E
	22	F
	23	G
นักเรียน เรียนอ่อน	24	G
	25	F
	26	E
	27	D
	28	C
	29	B
	30	A

จำนวนนักเรียนทั้งหมด 30 คน

ดังนั้น	สมาชิกในกลุ่มสังกัด A	ประกอบด้วยชื่อลำดับผู้เรียน	1,14,17,30
	สมาชิกในกลุ่มสังกัด B	ประกอบด้วยชื่อลำดับผู้เรียน	2,13,18,29
	สมาชิกในกลุ่มสังกัด C	ประกอบด้วยชื่อลำดับผู้เรียน	3,12,19,28
	สมาชิกในกลุ่มสังกัด D	ประกอบด้วยชื่อลำดับผู้เรียน	4,11,20,27
	สมาชิกในกลุ่มสังกัด E	ประกอบด้วยชื่อลำดับผู้เรียน	5,10,21,26
	สมาชิกในกลุ่มสังกัด F	ประกอบด้วยชื่อลำดับผู้เรียน	6,9,16,22,25
	สมาชิกในกลุ่มสังกัด G	ประกอบด้วยชื่อลำดับผู้เรียน	7,8,15,23,24

### 2.3.3 ดำเนินการทดลอง (Try Out) โดยให้นักเรียนเรียนโดยใช้

เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) (พร้อมกับการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้) ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองด้วยตัวเอง ใช้ระยะเวลาดำเนินการจัดการเรียนรู้ 18 วัน วันละ 2 ชั่วโมง ระหว่างดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยจะสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน สอบถาม บันทึกข้อมูล เพื่อใช้ในการปรับปรุงข้อบกพร่องของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

### 2.3.4 ทำการทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา

เทคโนโลยี 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับนักเรียน จำนวน 30 คน หลังสิ้นสุดการทดลองภาคสนามและหลังจากนักเรียนได้เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ครบถ้วนแล้ว 1 วัน และทำการทดลองใช้แบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับนักเรียนหลังสิ้นสุดการทดลองแล้ว 2 วัน

### 2.3.5 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือที่ใช้

ในการวิจัย ได้แก่ เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ตลอดจนถึงการหาความเหมาะสมในด้านเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ในการทดลองระยะที่ 2 ต่อไป

### 3.1.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการทดลองในระยะที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Try Out) จากการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง การทดลองกลุ่มเล็กและการทดลองภาคสนาม แล้วปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ได้แก่

1. หาค่าความเหมาะสมและค่าความสอดคล้องแบบประเมินความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) แล้วเทียบกับเกณฑ์ (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 121) และหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี. 2551 : 221)

2. หาค่าความเหมาะสมและค่าความสอดคล้องของแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) แล้วเทียบกับเกณฑ์ (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 121) และหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี. 2551 : 221)

3. หาค่าความเหมาะสมและค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาค่าเฉลี่ยความเหมาะสม ( $\bar{X}$ ) แล้วเทียบกับเกณฑ์ (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 121) และหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี. 2551 : 221)

4. วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อหาค่าความยาก (p) และหาค่าอำนาจจำแนก (r) (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 97-98)

5. การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR21 ซึ่งดัดแปลงที่ดัดแปลงมาจากสูตร KR20 ของ Kuder Richardson (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 104)

6. หาค่าความเหมาะสมและค่าความสอดคล้องของแบบประเมินชิ้นงานสำหรับใช้วัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยทำการหาค่าเฉลี่ยความเหมาะสม ( $\bar{X}$ ) แล้วเทียบกับเกณฑ์ (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 121) และหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี. 2554 : 221)

7. หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินของแบบประเมินชิ้นงานสำหรับใช้วัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุม

หุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ทั้งฉบับโดยใช้สูตรหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index : RAI) (สุรัชย์ มีชาญ. 2547: 121)

8. หาค่าความเหมาะสมและค่าความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยทำการหาค่าเฉลี่ยความเหมาะสม ( $\bar{X}$ ) แล้วเทียบกับเกณฑ์ (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 121) และหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี. 2554 : 221)

9. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ทั้งฉบับโดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) ของ ครอนบัค (Cronbach) (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 117)

### 3.1.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ

1.1 การหาค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง IOC (สมนึก ภัททิยธนี. 2551 : 221)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผล  
การเรียนรู้ที่คาดหวัง (หรือ IOC แทน ดัชนีความ  
สอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะที่  
ต้องการวัด)

$\sum R$  แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

1.2 การหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเทคโนโลยี 5 เป็นรายข้อ (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 97-98)

ค่าระดับความยาก

$$P = \frac{Ru+Rl}{2f}$$

เมื่อ	p	แทน	ค่าระดับความยาก
	Ru	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก
	Rl	แทน	จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
	f	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ (ซึ่งเท่ากัน)

ค่าอำนาจจำแนก (r)

$$r = \frac{Ru-Rl}{f}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
	Ru	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก
	Rl	แทน	จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
	f	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ (ซึ่งเท่ากัน)

1.3 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR21 ซึ่งดัดแปลงที่ดัดแปลงมาจากสูตร KR20 ของ Kuder - Richardson (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 104)

$$r_{tt} = \frac{ks^2 - \bar{x}(k - \bar{x})}{S^2(k-1)}$$

เมื่อ	$r_{tt}$	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อสอบ
	$S^2$	แทน	ความแปรปรวน
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย

1.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ทั้งฉบับ โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 117)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ	$\alpha$	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	k	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
	$\sum S_i^2$	แทน	ผลรวมของความแปรปรวนของแต่ละข้อ
	$S_t^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวม

1.5 หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินของแบบประเมินชิ้นงานจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยใช้สูตรหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index) (สุรชัย มีชาญ.2547: 121) ของแบบประเมินชิ้นงาน

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N |R_{1nk} - R_{2nk}|}{KN(I-1)}$$

เมื่อ	RAI	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน
	$R_{1nk}$	แทน	คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 1 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k (n = 1, 2, 3,....., N และ k = 1, 2, 3,....., k)
	$R_{2nk}$	แทน	คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 2 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k (n = 1, 2, 3,....., N และ k = 1, 2, 3,....., k)

K	แทน	จำนวนของพฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด
N	แทน	จำนวนของนักเรียนทั้งหมด
I	แทน	จำนวนของคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้ (ตามเกณฑ์การให้คะแนน)

## 2. สถิติพื้นฐาน

2.1 ค่าเฉลี่ย ( $\mu$ ) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 124)

$$\mu = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\mu$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
	N	แทน	จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\sigma$ ) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 126)

$$\sigma = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N}}$$

เมื่อ	$\sigma$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$X^2$	แทน	คะแนนแต่ละตัว
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	N	แทน	จำนวนคะแนนในกลุ่ม
	$\Sigma$	แทน	ผลรวม

## 3.2 การทดลองระยะที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

### 3.2.1 ลักษณะการดำเนินการทดลอง

เป็นการทดลองหาประสิทธิภาพ จากการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใช้รูปแบบการทดลองกลุ่มเดี่ยวเนื่องจากมีนักเรียนเพียงห้องเดียว และทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน



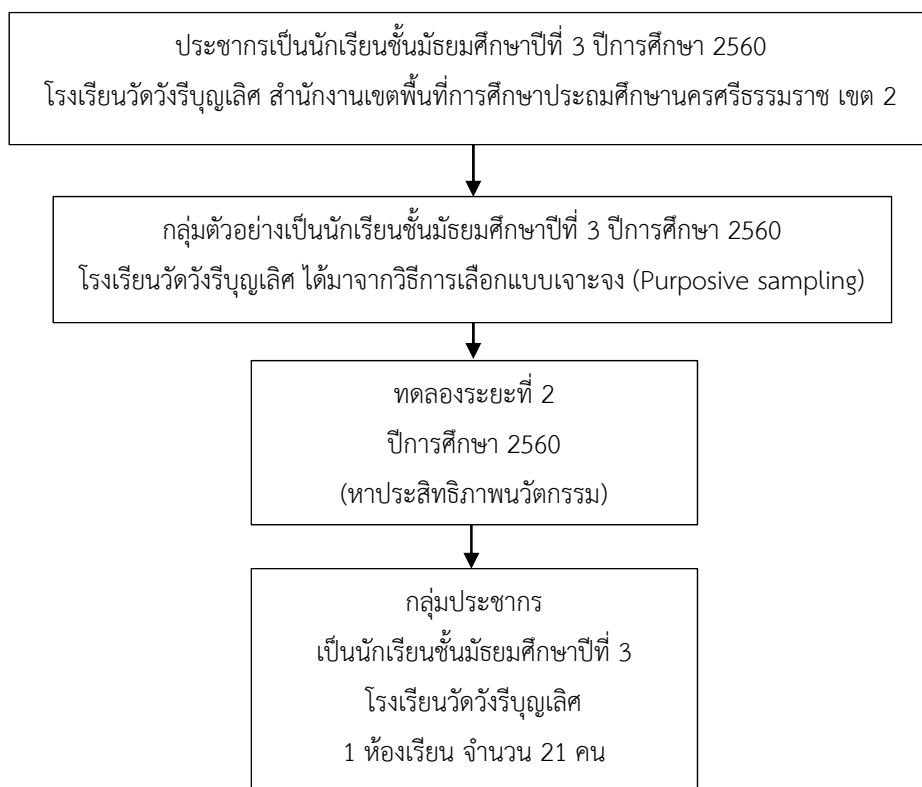
### 3.2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ในการทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560 เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ จำนวน 21 คน (จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 21 คน) ทั้งนี้ผู้วิจัยเป็นครูผู้สอน รายวิชาเทคโนโลยี 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ จึงทำให้สะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล

#### 2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560 เพื่อทดลองหาประสิทธิภาพของการใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ 1 ห้องเรียน จำนวน 21 คน ได้มาโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ใช้รูปแบบการทดลองกลุ่มเดี่ยว เนื่องจากมีนักเรียนเพียงห้องเดียวทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในการทดลองระยะที่ 2 สามารถสรุปเป็นภาพรวม ได้ดังนี้



ภาพที่ 14 สรุปภาพรวมของประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองระยะที่ 2

### 3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560 เป็นการทดลองหาประสิทธิภาพของการใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดการเรียนรู้ มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่

1. เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)
2. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) จำนวน 20 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 35 ชั่วโมง
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สารที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ
4. แบบประเมินชิ้นงาน เพื่อใช้วัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 4 รายการ
5. แบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 12 ข้อ

### 3.2.4 รูปแบบของการวิจัย

แบบแผนที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของการใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ (มาเรียม นิลพันธุ์, 2555 : 148) ใช้รูปแบบการทดลองแบบ One Group Pretest - Posttest Design ซึ่งมีรูปแบบการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 18 รูปแบบการทดลองแบบ One Group Pretest – Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T <sub>1</sub>	X	T <sub>2</sub>

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการทดลอง

E แทน	กลุ่มตัวอย่างที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
T <sub>1</sub> แทน	การทดสอบก่อนทดลอง
T <sub>2</sub> แทน	การทดสอบหลังทดลอง
X แทน	การเรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

### 3.2.5 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองซึ่งมีวิธีดำเนินการ ดังนี้

#### 1. ระยะเวลาในการทดลอง

ผู้วิจัยได้นำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มาดำเนินการทดลองจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง ใช้เวลา 18 วัน วันละ 2 ชั่วโมง จำนวน 35 ชั่วโมง และปฐมนิเทศ จำนวน 1 ชั่วโมง (ไม่นับรวมกับเวลาที่ใช้ในการทดสอบก่อนและหลังทดลอง) โดยดำเนินการทดลองระยะที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครศรีธรรมราช เขต 2 รายละเอียดในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560

การทดลอง	ปีการศึกษา	วัน เดือน ปี	ลักษณะการทดลอง	โรงเรียน
ระยะที่ 2	2560	17 พ.ค. 60 – 23 ก.ย. 60	หาประสิทธิภาพ (กลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม)	โรงเรียน วัดวังริบุญเลิศ

ตารางที่ 20 วันและเวลาการทดลองระยะที่ 2 ของนักเรียนโรงเรียนวัดวังรีบุญเลิศ

วัน	เวลา	วันที่ เดือน ปี
พุธ	12.30-14.30 น.	17,24,31 พฤษภาคม 2560 14,21,28 มิถุนายน 2560 12,19,26 กรกฎาคม 2560 2,9,16,23,30 สิงหาคม 2560 6,13,20,23 กันยายน 2560

จากตารางที่ 20 แสดงวันและเวลาการทดลองระยะที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มทดลอง โรงเรียนวัดวังรีบุญเลิศ ใช้กับการทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ทดลองหาประสิทธิภาพของการใช้งานเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยและพัฒนาข้อที่ 1 ข้อที่ 2 ข้อที่ 3 และข้อที่ 4 (การทดลองระยะที่ 2 นี้ เป็นการหาค่าประสิทธิภาพ ค่าดัชนีประสิทธิผล เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3) ผู้วิจัยจึงใช้ช่วงเวลาตามตารางสอนปกติ ภาคเรียนที่ 1 ที่โรงเรียนวัดวังรีบุญเลิศ กำหนดขึ้นในทุกวันพุธ เวลา 12.30-14.30 น.)

## 2. วิธีดำเนินการทดลอง

การทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560 เป็นการทดลองหาประสิทธิภาพจากการใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และหาค่าดัชนีประสิทธิผล การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การประเมินความพึงพอใจ เพื่อทดสอบผลตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 1 ข้อที่ 2 ข้อที่ 3 และข้อที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

2.1 เตรียมความพร้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนวัดวังรีบุญเลิศ จำนวน 21 คน (มี 1 ห้องเรียนจำนวน 21 คน) โดยแนะนำวิธีการเรียน วัตถุประสงค์ของบทเรียน หน้าที่ของนักเรียน การกำหนดนักเรียนเข้ากลุ่มย่อย และการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน พร้อมกับแนะนำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) และการฝึกฝนทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.2 กำหนดนักเรียนเข้ากลุ่มย่อย ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แบบคณะกรรมการความสามารถทางการเรียน ดังนั้น เพื่อลดปัญหาระหว่างการทดลองและลดความแตกต่างระหว่างกลุ่ม จึงได้กำหนดนักเรียนแต่ละคนเข้ากลุ่มย่อยไว้ล่วงหน้า โดยปฏิบัติตามขั้นตอนเช่นเดียวกันกับการทดลองภาคสนาม (Field Testing) ในการทดลองระยะที่ 1 (หน้า 128 ถึง 131 )

2.3 ทดสอบก่อนทดลอง (Pretest) ด้วยแบบทดสอบวัดผลก่อนเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยทดสอบก่อนทดลอง 1 วัน เพื่อวัดพื้นฐานความรู้ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2.4 ดำเนินการทดลอง โดยให้นักเรียนเรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองด้วยตนเอง ใช้ระยะเวลาดำเนินการจัดการเรียนรู้ 18 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 วัน วันละ 2 ชั่วโมง จำนวน 35 ชั่วโมง และปฐมนิเทศ จำนวน 1 ชั่วโมง (ไม่รวมกับเวลาที่ใช้ในการทดสอบก่อนทดลองและหลังทดลอง) ระหว่างดำเนินการทดลองผู้วิจัยจะสังเกตพฤติกรรมการเรียนและการทำกิจกรรมของนักเรียนที่ใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงข้อบกพร่องของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ต่อไป

2.5 ตรวจสอบชิ้นงาน ในระหว่างการดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบชิ้นงานจากการฝึกเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ของนักเรียนตามใบงาน โดยใช้แบบประเมินชิ้นงาน เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 4 รายการ เพื่อวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

2.6 ทดสอบหลังทดลอง (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน ฉบับเดียวกับที่ใช้ทดสอบวัดผลก่อนเรียน โดยมีการสลับข้อคำถามของข้อสอบ หลังสิ้นสุดการทดลองแล้ว 1 วัน โดยใช้สถิติอนพาราเมตริก (Nonparametric Statistics) ใช้วิธีการทดสอบแบบ The Wilcoxon Matched – Pairs – Rank Test วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

2.7 ให้นักเรียนทำการตอบแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) หลังสิ้นสุดการทดลองแล้ว 2 วัน โดยใช้ค่าเฉลี่ย ( $\mu$ ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\sigma$ )

2.8 เก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. คะแนนระหว่างเรียน แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ คะแนนประเมินจากการพัฒนาโครงงานจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 คิดเป็นร้อยละ 35 (ให้คะแนนเป็นรายกลุ่ม) คะแนนจากการทำกิจกรรมใบงานจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1, 2 และ 5 (ให้คะแนนเป็นรายบุคคล) และหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 (ให้คะแนนเป็นรายกลุ่ม) คิดเป็นร้อยละ 35 และจากคะแนนแบบทดสอบย่อยประจำหน่วยการเรียนรู้ที่ 1-5 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) คิดเป็นร้อยละ 30 (ให้คะแนนเป็นรายบุคคล)

2. ตรวจสอบให้คะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลก่อนเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน

3. ตรวจสอบประเมินความพึงพอใจหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อหาค่าเฉลี่ย ( $\mu$ ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\sigma$ )

2.9 บันทึกผลคะแนนของนักเรียนแต่ละคน พร้อมข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ผลตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 1 ข้อที่ 2 ข้อที่ 3 และข้อที่ 4 (หาค่าประสิทธิภาพ ค่าดัชนีประสิทธิผล เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินความพึงพอใจ) และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้กับการทดลองระยะที่ 3 ต่อไป

### 3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองระยะที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของการใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่

1. วิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556 : 10)
2. วิเคราะห์หาค่าดัชนีประเมินประสิทธิผล (The Effectiveness Index : E.I.) (บุญชม ศรีสะอาด. 2553 : 159)
3. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สถิตินอนพาราเมตริกใช้วิธีทดสอบแบบ The Wilcoxon Matched - Pairs – Rank - Test (สุวิมล ตีรพานันท์. 2553 : 40-45)
4. วิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ( $\mu$ ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\sigma$ ) (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 124-126)

### 3.2.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. สถิติพื้นฐาน

- 1.1 ค่าเฉลี่ย ( $\mu$ ) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 124)

$$\mu = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\mu$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
	N	แทน	จำนวนคะแนนในกลุ่ม

- 1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\sigma$ ) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด. 2556 : 126)

$$\sigma = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N}}$$

เมื่อ	$\sigma$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$X^2$	แทน	คะแนนแต่ละตัว
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	N	แทน	จำนวนคะแนนในกลุ่ม
	$\Sigma$	แทน	ผลรวม

#### 2. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

สถิติที่ใช้สำหรับทดสอบสมมติฐานการวิจัยของเอกสารประกอบการเรียน การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีดังนี้

ดังนี้

## 2.1 หาค่าประสิทธิภาพโดยใช้สูตร E1/E2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556 : 10)

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \quad E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ	$E_1$	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนกิจกรรมระหว่างเรียน (คะแนนระหว่างเรียน แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ คะแนนจากแบบประเมินผลงานกลุ่มตาม แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9-18 คิดเป็นร้อยละ 35 (ให้คะแนนเป็นรายกลุ่ม) คะแนนจากการทำ แบบฝึกหัดตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-20 คิดเป็นร้อยละ 35 (ให้คะแนนเป็นรายบุคคล) และคะแนนแบบทดสอบย่อยหลังหน่วย การเรียนรู้ที่ 1-5 คิดเป็นร้อยละ 30 โดยให้ คะแนนเป็นรายบุคคล)
	A	แทน	คะแนนเต็มระหว่างเรียน
	$E_2$	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	$\sum F$	แทน	ผลรวมของคะแนนแบบทดสอบหลังทดลอง
	B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังทดลอง
	N	แทน	จำนวนผู้เรียน

## 2.2 หาค่าดัชนีประสิทธิผล (The Effectiveness Index : E.I.) ใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2553 : 159)

$$E.I. = \frac{\text{คะแนนทดสอบหลังทดลอง} - \text{คะแนนทดสอบก่อนทดลอง}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{คะแนนทดสอบก่อนทดลอง}}$$

เมื่อ E.I. แทน ค่าดัชนีประสิทธิผล



2.3 หาค่าสถิติที่ใช้ตรวจสอบสมมุติฐาน ใช้สถิตินอนพารามेटริก (Nonparametric Statistics) ใช้วิธีทดสอบแบบ The Wilcoxon Matched - Pairs - Rank Test (สุวิมล ตีรกาพันธ์. 2553 : 40-45)

	D	=	Y - X
เมื่อ	D	แทน	ค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับผลการทดสอบ ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
	X	แทน	คะแนนผลการทดสอบก่อนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้
	Y	แทน	คะแนนผลการทดสอบหลังการจัดกิจกรรม การเรียนรู้

### 3.3 การทดลองระยะที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

#### 3.3.1 ลักษณะการดำเนินการทดลอง

เป็นการทดลองซ้ำโดยมีวิธีดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองในระยะที่ 2 และเหตุผลที่ต้องมีการทดลองซ้ำก็เพื่อต้องการยืนยันข้อสรุปของผลการทดลองว่าถูกต้องแน่นอน และเพื่อให้เกิดความมั่นใจในผลที่ได้รับจากการนำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ถือโอกาสปรับปรุงเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ไปพร้อม ๆ กับการทดลองในครั้งนี้ด้วย

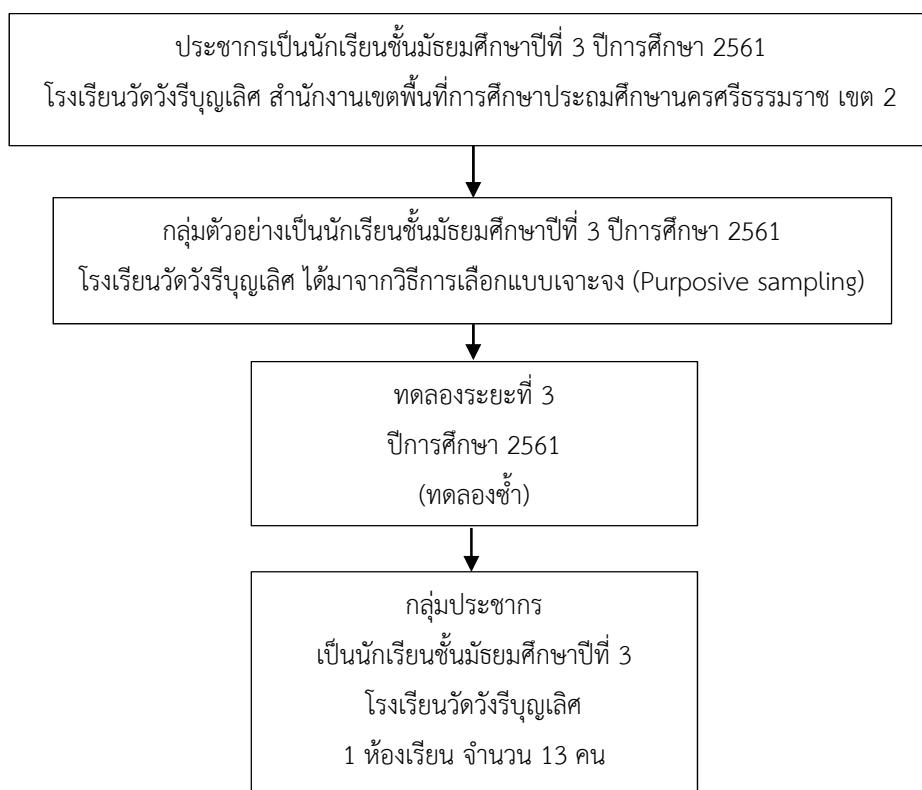
#### 3.3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ในการทดลองระยะที่ 3 ปีการศึกษา 2561 เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ จำนวน 13 คน (จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 13 คน) ทั้งนี้ผู้วิจัยเป็นครูผู้สอน รายวิชาเทคโนโลยี 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ จึงทำให้สะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล

## 2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองระยะที่ 3 ปีการศึกษา 2561 เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) กลุ่มตัวอย่างเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ 1 ห้องเรียนจำนวน 13 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ใช้รูปแบบการทดลองกลุ่มเดียว เนื่องจากมีนักเรียนเพียงห้องเดียวทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เช่นเดียวกันกับการทดลองระยะที่ 2 ในปีการศึกษา 2560 ซึ่งประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในการทดลองระยะที่ 3 สามารถสรุปเป็นภาพรวม ได้ดังนี้



ภาพที่ 15 สรุปภาพรวมของประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองระยะที่ 3

### 3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การทดลองระยะที่ 3 ปีการศึกษา 2561 เป็นการทดลองซ้ำ โดยใช้เครื่องมือในการวิจัยเช่นเดียวกันกับการทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560

### 3.3.4 รูปแบบของการวิจัย

แบบแผนที่ใช้ในการทดลองใช้แบบแผนเช่นเดียวกันกับการทดลองระยะที่ 2 ในปีการศึกษา 2560

### 3.3.5 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองระยะที่ 3 ปีการศึกษา 2561 ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองซึ่งมีวิธีดำเนินการ ดังนี้

#### 1. ระยะเวลาในการทดลอง

ผู้วิจัยได้นำเอกสารประกอบการเรียนการสอนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มาดำเนินการทดลองจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง ใช้เวลา 18 วัน วันละ 2 ชั่วโมง จำนวน 35 ชั่วโมง และปฐมนิเทศ จำนวน 1 ชั่วโมง (ไม่นับรวมกับเวลาที่ใช้ในการทดสอบก่อนและหลังทดลอง) โดยดำเนินการทดลองระยะที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครศรีธรรมราช เขต 2 รายละเอียดในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองระยะที่ 3 ปีการศึกษา 2561

การทดลอง	ปีการศึกษา	วัน เดือน ปี	ลักษณะการทดลอง	โรงเรียน
ระยะที่ 3	2561	17 พ.ค. 61 – 20 ก.ย. 61	หาประสิทธิภาพ (ทดลองซ้ำ) (กลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม)	โรงเรียน วัดวังริบุญเลิศ

ตารางที่ 22 วันและเวลาการทดลองระยะที่ 3 ของนักเรียนโรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ

วัน	เวลา	วันที่ เดือน ปี
พฤหัสบดี	12.30-14.30 น.	17,24,31 พฤษภาคม 2561 7,14,21,28 มิถุนายน 2561 5,12,19,26 กรกฎาคม 2561 2,16,23,30 สิงหาคม 2561 6,13,20 กันยายน 2561

จากตารางที่ 22 แสดงวันและเวลาการทดลองระยะที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มทดลองโรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ ใช้กับการทดลองระยะที่ 3 ปีการศึกษา 2561 ทดลองเพื่อทดสอบผลตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ข้อที่ 2 ข้อที่ 3 และข้อที่ 4 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน

(Project Based Learning) ผู้วิจัยจึงใช้ช่วงเวลาตามตารางสอนปกติ ภาคเรียนที่ 1 ที่โรงเรียนวัดวังรีบุญเลิศ กำหนดขึ้นในทุกวันพฤหัสบดี เวลา 12.30-14.30 น.)

## 2. วิธีดำเนินการทดลอง

การทดลองระยะที่ 3 ปีการศึกษา 2561 เป็นการทดลองหาประสิทธิภาพจากการใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อทดสอบผลตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 1 ข้อที่ 2 ข้อที่ 3 และข้อที่ 4 (หาค่าประสิทธิภาพ ค่าดัชนีประสิทธิผล เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินความพึงพอใจ) โดยทดลองซ้ำกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 13 คน เป็นนักเรียนกลุ่มทดลองจากโรงเรียนวัดวังรีบุญเลิศ (มี 1 ห้องเรียน จำนวน 13 คน) เพื่อต้องการยืนยันข้อสรุปของผลการทดลองว่าถูกต้องแน่นอนและเพื่อให้เกิดความมั่นใจในผลที่ได้รับจากการนำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้วิธีดำเนินการทดลองตามขั้นตอนเช่นเดียวกับการทดลองระยะที่ 2 ในปีการศึกษา 2560

### 3.3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองซ้ำในระยะที่ 3 ปีการศึกษา 2561 ใช้วิธีดำเนินการเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองในระยะที่ 2 (ปีการศึกษา 2560)

### 3.3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองซ้ำในระยะที่ 3 ปีการศึกษา 2561 ใช้สถิติการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกันกับการทดลองในระยะที่ 2 (ปีการศึกษา 2560)

**ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและการปรับปรุง (Evaluation and Improve = Development : D<sub>2</sub>)**

เป็นการประเมินผลและปรับปรุงเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

การดำเนินการในขั้นตอนการประเมินผลและการปรับปรุง เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) หลังจากได้นำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ไปทดลองใช้ มีวิธีการดังนี้

**4.1 การประเมินผล** เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) การประเมินผลผู้วิจัยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาประสิทธิภาพ ดังนี้

4.1.1 เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และมีค่าดัชนีประสิทธิผลตั้งแต่ .50 ขึ้นไป

4.1.2 ผลการประเมินความเหมาะสมเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) จากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุดและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 3.51 ขึ้นไป

**4.2 การปรับปรุง** หลังจากนำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ไปทดลองใช้และได้ทำการประเมินประสิทธิภาพแล้ว ผู้วิจัยนำผลการประเมินที่ได้ดังกล่าว รวมทั้งข้อบกพร่องและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ มาดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขรายละเอียดต่าง ๆ ของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) อย่างพิถีพิถัน เพื่อให้ได้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ที่มีความสมบูรณ์สามารถนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ