

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเพื่อสนองวัตถุประสงค์ของการวิจัยและพัฒนา 4 ข้อ ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)
2. เพื่อหาค่าดัชนีประสิทธิผลของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ก่อนเรียนและหลังเรียน
4. เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้ระเบียบวิธีวิจัยในลักษณะของงานวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R&D) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นขั้นตอนตามลำดับดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและสำรวจความต้องการ (Research : R₁)

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) (Development : D₁)

ขั้นตอนที่ 3 การนำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง (Implementation = Research : R₂)

3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองระยะที่ 1 ปีการศึกษา 2559

นำเสนอผลจากการทดลองใช้เครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Try Out) จากการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง การทดลองกลุ่มเล็ก และการทดลองภาคสนาม

3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560

นำเสนอผลการหาประสิทธิภาพ ค่าดัชนีประสิทธิผล การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลการประเมินความพึงพอใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 และค่าดัชนีประสิทธิผล (The Effectiveness Index : E.I.) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการประเมินความพึงพอใจ (ตามสมมติฐานวิจัย ข้อที่ 1 ข้อที่ 2 ข้อที่ 3 และข้อที่ 4)

3.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองระยะที่ 3 ปีการศึกษา 2561 (ทดลองซ้ำ)

เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกันกับการทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560
 ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและการปรับปรุงเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) (Evaluation and Improve = Development : D₂)

ขั้นตอนที่ 1 ผลการศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐาน

ผลการศึกษาในขั้นตอนนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ผลการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางในการจัดทำและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

2. ผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับแนวทางในการจัดทำและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

3. ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียน ครูผู้สอน ผู้ปกครองนักเรียน เกี่ยวกับแนวทางการจัดทำและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

1.1 ผลการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางในการจัดทำและพัฒนา เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) จากการศึกษาแนวทางการจัดทำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) พบว่า

ในปัจจุบันการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อระบบการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ซึ่งจะสังเกตได้จากประเทศที่ให้ความสำคัญกับการศึกษาทั่วโลกจะเพิ่มและบรรจุหลักสูตรการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมให้กับนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษา นอกจากนี้ยังมีการนำเทคโนโลยีหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราเพิ่มขึ้นทุกวันนี้ เราจึงควรเรียนรู้เกี่ยวกับพื้นฐานการเขียนโปรแกรม โดยอาศัยการควบคุมระบบหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวมาเป็นสื่อช่วยทำความเข้าใจในการเขียนโปรแกรม นำเสนอในรูปแบบของโครงงาน เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ การทำงานเป็นกลุ่ม การแก้ปัญหา และทำให้นักเรียนรู้สึกมีความพึงพอใจที่ดีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนและมีกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้หุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวเข้ามาช่วย ทำให้นักเรียนเกิดความสนุกสนาน ท้าทาย ซึ่งช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจ ทดลอง และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับที่ระบุไว้ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 (กระทรวงศึกษาธิการ. 2555) มาตรา 23 มาตรา 24 และมาตรา 66 ซึ่งสามารถสรุปเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องได้ว่า “การจัดการศึกษามุ่งเน้นให้มีความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คิดเป็นทำเป็น ประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา สามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต”

1.2 ผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับแนวทางในการจัดทำและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สารที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบการจัดการเรียนการสอนโดยสรุปผลจากแบบสัมภาษณ์ได้ดังต่อไปนี้

1.2.1 การพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มาใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของวงการศึกษจะต้องมีหลักการหรือกระบวนการของการเรียนการสอน รวมถึงวิธีการหรือระบบของการนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างองค์ทักษะปฏิบัติ (Know How) จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวที่มีการควบคุมโดยการเขียนโปรแกรมเชื่อมโยงการทำงานผ่านกระบวนการของโครงงาน ซึ่งเป็นสิ่งที่ดีและน่าสนใจอย่างมากในวงการศึกษปัจจุบันโดยประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนจะเป็นการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมรับกับเรื่องของปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเป็นสิ่งช่วยเสริมให้เกิดการพัฒนาทำให้นักเรียนมีคุณลักษณะ “คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น” มีความคิดสร้างสรรค์ มีความรู้ใหม่ เรียนรู้อย่างมีความสุขและสนุก

สนานกับการเรียนที่ค้นพบความสำเร็จด้วยตนเอง รู้ความถนัดความสามารถของตน รวมถึงมีทักษะพื้นฐานการประกอบอาชีพในอนาคตที่รองรับ Thailand 4.0

1.2.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ควรจัดการเนื้อหาความรู้ที่เน้นกระบวนการวิเคราะห์และกระบวนการสังเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์จะทำให้นักเรียนให้เกิด “ศักยภาพ” กลายเป็นการเรียนรู้และความเข้าใจที่จะเกิดขึ้นกับนักเรียน ส่วนกระบวนการสังเคราะห์จะทำให้นักเรียนเกิด “สมรรถนะ” กลายเป็นการคิดได้และทำเป็นของนักเรียน สำหรับเนื้อหาความรู้ที่พัฒนาขึ้นควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถที่จะบูรณาการความรู้ได้ทุกสาระการเรียนรู้ การทำโครงงานต้องใช้ความรู้ทักษะกระบวนการทั้ง 8 กลุ่มสาระ โดยเนื้อหาความรู้ควรประกอบไปด้วยความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว ว่ามีส่วนเกี่ยวข้องหรือมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว มีการนำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อทำให้เกิดการเรียนรู้ที่หลากหลายและเกิดความคิดสร้างสรรค์

1.2.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ควรจะมีลักษณะที่ทำให้นักเรียนได้เห็นความสำคัญของงานกลุ่มและตำแหน่งหน้าที่ของตนเองที่เหมาะสม มองเห็นจุดเด่น จุดด้อย โอกาส อุปสรรค ปลอดภัยตัวตน ยึดมั่น ถือมั่นเพื่อหาตัวตนให้เจอ การจัดกิจกรรมแบบทำนำ (เด็กกร่อย) ทำด้วย (เด็กกลาง) ช่วยทำ (เด็กเก่ง) นอกจากนี้การจัดกิจกรรมโครงงาน ควรจะมีลักษณะเป็นกลุ่ม เน้นให้นักเรียน คิดเอง ทำเอง แก้ปัญหาเป็น โดยมีกิจกรรมย่อยหรืออาจจัดเป็นฐานการเรียนรู้และให้แต่ละกลุ่มผ่านกระบวนการเรียนรู้ โดยมีครูเป็นผู้ให้คำปรึกษาแนะแนวทางและอำนวยความสะดวก เพื่อบ่มเพาะความคิดและทักษะ นอกจากนี้กิจกรรมควรมีลักษณะของการแก้ปัญหา สร้างสรรค์สิ่งมีชีวิตด้วยหุ่นยนต์ และควรส่งเสริมต่อยอดการนำผลงานเข้าประกวดแข่งขันในเวทีระดับชาติและนานาชาติ

1.2.4 รูปแบบของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ควรประกอบด้วยกิจกรรม ซึ่งมีขั้นตอนการสอนแบบโครงงาน ประกอบด้วย ขั้นนำ ขั้นสอน ขั้นสรุป ซึ่งผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ (Apply) เป็นโครงงานสิ่งประดิษฐ์ได้ กิจกรรมควรสร้างแรงจูงใจ การนำเข้าสู่บทเรียน การชี้แนะแนวทางจนนำไปสู่การปฏิบัติ สร้างความสนใจให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็นหรือจะแก้ปัญหาอย่างไรดีจากสื่อต่าง ๆ และกิจกรรมควรส่งเสริมการประกอบสร้างหุ่นยนต์ 4 ลักษณะ ได้แก่ การเรียนแบบเดี่ยวเรียนแบบจับคู่ (Buddy) เรียนแบบกลุ่มและเรียนแบบฟังฟังกันทุกขั้นตอน

1.2.5 ปัญหาและอุปสรรคในการนำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มาใช้

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียน เช่น ความถูกต้องตามหลักวิชาการในหัวข้อที่ผู้เรียนไปศึกษา ค้นคว้าในการเขียนโปรแกรม ซึ่งต้องศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ แสวงหาความรู้จากบุคคลและสื่อต่าง ๆ ให้รอบด้าน เพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือแบบจำลองความคิดและการรายงานโครงงาน ปัญหาอุปสรรคด้านศักยภาพและสมรรถนะของผู้สอนที่แตกต่างกัน ครูผู้สอนไม่มีความรู้เรื่องหุ่นยนต์ ไม่สามารถศึกษาเรียนรู้หรือพัฒนาตนเองได้หรือทำได้น้อยทำให้ความรู้ไม่ทันสมัยก้าวไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีในโลกปัจจุบัน นอกจากนี้ศักยภาพและสมรรถนะของนักเรียนที่แตกต่างกันซึ่งมีทั้งนักเรียนเก่ง กลางและอ่อน ซึ่งอาจจะทำให้เป็นอุปสรรคในการทำกิจกรรม

1.3 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียน ครูผู้สอน ผู้ปกครองนักเรียน เกี่ยวกับแนวในการจัดทำและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยสามารถสรุปผลจากแบบสัมภาษณ์ที่ได้ดังต่อไปนี้

1.3.1 ความต้องการในการพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มาใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนจะทำให้เกิดการเรียนรู้ อยากรทดลอง อยากรปฏิบัติกิจกรรมเพื่อให้เกิดความสำเร็จได้ด้วยตนเองซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่นักเรียนเองที่สามารถประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสนใจการเรียน และมีทักษะด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยสื่อที่เป็นหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัว จนเกิดการประยุกต์ความรู้ผ่านโครงงานมากขึ้น เข้าใจเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันมากขึ้น

1.3.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ควรมีการจัดการเนื้อหาความรู้ที่เป็นพื้นฐานที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน มีการอธิบายเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย แล้วค่อยเพิ่มความเข้มข้นหรือความซับซ้อนของเนื้อหาที่ยากขึ้นในภายหลังต่อไป เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความกังวลกับการเรียนเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ ซึ่งนักเรียนมักจะมองว่าการเขียนโปรแกรมเป็นเรื่องที่ทำความเข้าใจยากและเหมาะสมสำหรับคนมีผลการเรียนดี ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีทางการศึกษาดังที่กล่าวมาแล้ว

1.3.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ควรมีลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควบคู่กับการฝึกปฏิบัติ และการทดลองหรือฝึกปฏิบัติจะต้องเห็นผลเป็นรูปธรรม สามารถจับต้องได้ ซึ่งการออกแบบเอกสารประกอบการเรียนจะต้องออกแบบให้มีกิจกรรมทดลองในทุกกิจกรรมที่เป็นเนื้อหาในเชิงปฏิบัติการ เพื่อสร้างความสนใจและกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาถัดไป

1.3.4 รูปแบบของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ควรเน้นที่เรื่องความรู้พื้นฐานสำหรับการเขียนโปรแกรมและทักษะการฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรม โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน

1.3.5 ปัญหาและอุปสรรคในการนำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ปัญหาและอุปสรรคจะเป็นเป็นเรื่องของอุปกรณ์สำหรับให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติและใช้งานมีไม่เพียงพอหรือมีน้อย ซึ่งสาเหตุที่อุปกรณ์การเรียนมีไม่เพียงพอ เนื่องจากอุปกรณ์บางอย่างมีราคาแพง การจัดซื้อมาใช้จำนวนมากจะต้องใช้เงินจำนวนมากในการจัดซื้อ การออกแบบพัฒนานวัตกรรมควรเน้นในเรื่องของการใช้งานอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย สะดวก และมีราคาไม่แพงแต่นักเรียนสามารถนำมาใช้เรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพได้เต็มที่

ขั้นตอนที่ 2 ผลการออกแบบและพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

ผู้วิจัยนำข้อมูลพื้นฐานที่เป็นผลมาจากการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 1 มาสรุปแล้วพิจารณา กำหนดแนวทางในการวางแผนและออกแบบสำหรับการพัฒนาและจัดทำเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ซึ่งเป็นเอกสารประกอบการเรียนสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยเอกสารประกอบการเรียนจำนวน 5 เล่ม 5 หน่วยการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดตามที่ได้แสดงไว้แล้วในตารางที่ 13 หน้า 104-105

ขั้นตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

3.1 ผลการทดลองระยะที่ 1 ปีการศึกษา 2559

ผลการทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ภาคเรียนที่ 1 โรงเรียนชุมชนบ้านนาวา ปีการศึกษา 2559 ในการทดลองระยะที่ 1 (Try Out) ผู้วิจัยขอนำเสนอผลจากการทดลองโดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 ผลการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Testing)

จากการทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) แบบหนึ่งต่อหนึ่งกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ในช่วงปิดภาคเรียนที่ 1 (เดือนตุลาคม 2559) จำนวน 3 คน ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 59 ถึงวันที่ 18 ตุลาคม 2559 ทำให้ผู้วิจัยพบข้อบกพร่อง คือ เอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 2 เรื่องของผังงานและขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมนักเรียนยังไม่ค่อยเข้าใจ และเกิดความรู้สึกสับสนกับเครื่องหมายผังงานและตัวอย่างผังงานที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ในเอกสารประกอบการเรียน สำหรับเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รายวิชาเทคโนโลยี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่มที่ 3 และเล่มที่ 4 นักเรียนไม่เข้าใจการอธิบายภาพวงจรการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีอยู่ในเอกสารประกอบการเรียนเป็นส่วนมาก จึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขในเรื่องของผังงานและรูปภาพวงจร ก่อนนำไปใช้กับการทดลองกลุ่มเล็ก ดังนี้

1. ปรับปรุงภาพเครื่องหมายผังงานในเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 2 โดยได้ทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบผังงานและนำตัวอย่างผังงานที่มีความเข้าใจง่ายกว่าผังงานที่ได้ออกแบบไว้ในครั้งแรก

2. ปรับปรุงภาพวงจรการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ทั้งหมดในภาพแต่ละภาพให้เป็นสัดส่วน มีการปรับสีเส้น (สายสัญญาณ) ให้เห็นความแตกต่างกันเด่นชัด พร้อมมีคำอธิบายกำกับสายสัญญาณในวงจรทุกเส้น

3.1.2 ผลการทดลองกลุ่มเล็ก (Small Group Testing)

จากการทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ในช่วงปิดภาคเรียนที่ 1 (เดือนตุลาคม 2559) จำนวน 9 คน ระหว่างวันที่ 7 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 24 ตุลาคม 2559 ทำให้ผู้วิจัยพบข้อบกพร่อง คือ เอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 3 และเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 4 ในเรื่องคำอธิบายการทำงานมีการอธิบายกระบวนการทำงานของตัวอย่างภายในเอกสารประกอบการเรียนยังไม่ชัดเจนทำให้นักเรียนไม่เข้าใจ รู้สึกสับสน และในเรื่องของซอสโค้ดหรือคำสั่งในการเขียนโปรแกรม รวมถึงการใช้เครื่องหมายภายในโปรแกรม ยังมีการพิมพ์ซอสโค้ดและจัดวางเครื่องหมายในโปรแกรมต่าง ๆ ยังมีรูปแบบที่ไม่ถูกต้องทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกไม่แน่ใจ ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขในเรื่องคำอธิบายตัวอย่าง การจัดวางซอสโค้ดของโปรแกรมรวมถึงการใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ภายในโปรแกรม ในส่วนที่บกพร่องหรือมีปัญหา ก่อนนำไปใช้กับการทดลองภาคสนาม ดังนี้

1. ปรับปรุงคำอธิบายตัวอย่างการทดลองในเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 3 และเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 4 โดยทำการปรับเปลี่ยนคำอธิบายกระบวนการทำงานของตัวอย่างภายในเอกสารประกอบการเรียน โดยมีการใช้คำและเรียบเรียงคำอธิบายใหม่ นักเรียนสามารถอ่านและทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

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

3.1.3 ผลการทดลองภาคสนาม (Field Testing)

จากการทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ในช่วงปิดภาคเรียนที่ 1 (เดือนตุลาคม 2559) จำนวน 30 คน ระหว่างวันที่ 14 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม 2559 ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพและได้ทำการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินความพึงพอใจ ทำให้ผู้วิจัยพบข้อบกพร่องของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ที่ควรปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น ได้แก่ การเพิ่มคำอธิบายซอสโค้ดในแต่ละบรรทัดของโปรแกรมตัวอย่าง การเพิ่มเนื้อหาช่องทางการเรียนรู้เพิ่มเติม เมื่อใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน จึงได้ปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1. การเพิ่มเติมคำอธิบายซอสโค้ด ในหัวข้อ “รายละเอียดโค้ดโปรแกรม” เพื่ออธิบายซอสโค้ดในแต่ละบรรทัดว่ามีหน้าที่ทำอะไรในโปรแกรม ทั้งในเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 3 และเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 4 ซึ่งนักเรียนสามารถอ่านและทำความเข้าใจซอสโค้ดโปรแกรมได้ง่ายขึ้น

2. ปรับปรุงรายละเอียดคำอธิบายของใบงานที่ยังทำให้นักเรียนมีข้อสงสัยให้อ่านทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

3. การเพิ่ม QR CODE (Quick Response) เพื่อแนะนำแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ สำหรับให้นักเรียนสามารถใช้สมาร์ทโฟนหรืออุปกรณ์โมบายอื่น ๆ สแกน QR CODE จากนั้นระบบก็จะนำไปยังลิงค์ข้อมูลที่ได้ทำการเชื่อมโยงไว้เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมได้ ซึ่งมีทั้งความรู้ที่เป็นเนื้อหาและวิดีโอ ประกอบการทำทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

3.2 ผลการทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบผลตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า “เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และมีค่าดัชนีประสิทธิผลตั้งแต่ .50 ขึ้นไป” จากการทดลองระยะที่ 2 ปรากฏดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ผลการหาประสิทธิภาพจากการทดลองระยะที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 21 คน ระหว่างวันที่ 17 พฤษภาคม 2560 ถึงวันที่ 23 กันยายน 2560

จำนวนนักเรียน	ทดสอบก่อนเรียน	คะแนนระหว่างเรียน			รวมคะแนนระหว่างเรียน	ทดสอบหลังเรียน
		ผลงานกลุ่ม	แบบฝึกหัด	ทดสอบย่อย		
21 คน	(40)	(35)	(35)	(30)	(100)	(40)
คะแนนรวม	388.00	576.28	576.71	496.50	1649.49	646.00
μ	18.48	27.44	27.46	23.64	78.55	30.762
σ	1.78	0.36	0.28	0.79	0.75	1.04
ร้อยละ	46.19	78.40	78.46	78.81	78.55	76.90
					$E_1 = 78.55$	$E_2 = 76.90$
					$E.I. = 0.57$	

(รายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 296-310)

จากตารางที่ 23 พบว่า ผลการหาประสิทธิภาพ จากการทดลองระยะที่ 2 ได้ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) 78.55/76.90 และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) 0.57 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ สูงกว่าค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และค่าดัชนีประสิทธิผลตั้งแต่ .50 ขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 1 และข้อที่ 2

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบผลตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ที่กล่าวว่า “นักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05” โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ จากการทดลองระยะที่ 2 ปรากฏดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการทดลองระยะที่ 2

นักเรียน	N	μ	T ⁺	T ⁻	T
คะแนนก่อนเรียน	21	18.48	231	0	0
คะแนนหลังเรียน	21	30.76			

* ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T_{(20, .05)} = 60$)

(รายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 311-312)

จากตารางที่ 24 พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) จากการทดลองระยะที่ 2 เห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนกับคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน ของนักเรียนจำนวน 21 คน มีคะแนนค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อนำคะแนนเฉลี่ยมาทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติการทดสอบอันดับที่มีเครื่องหมายกำกับของวิลคอกสัน พบว่า ค่า T⁺ ที่ได้จากการทดลองเท่ากับ 0 น้อยกว่า ค่า T⁻ ที่ได้จากการเปิดตาราง Wilcoxon Signed-Ranks Table เท่ากับ 60 จึงปฏิเสธ H₀ ยอมรับ H₁ โดยมีค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (30.76 > 18.48) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) จากการทดลองระยะที่ 2 ปรากฏดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 แสดงผลการวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการใช้ออกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	μ	σ	แปลผล
1. หลอด LED	3.76	0.29	ดี
2. ตัวต้านทานปรับค่าตามแสงแบบ LDR	3.89	0.21	ดี
3. เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว PIR	4.04	0.07	ดี

ตารางที่ 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	μ	σ	แปลผล
4. เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินแบบ Capacitive Analog Soil Moisture Sensor	3.90	0.19	ดี
5. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ	3.90	0.07	ดี
6. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)	3.93	0.00	ดี
7. สวิตช์ตรวจจับการชน	3.94	0.31	ดี
8. เซ็นเซอร์ตรวจจับแสงสะท้อนอินฟราเรด	3.92	0.19	ดี
9. เซ็นเซอร์วัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก	3.92	0.31	ดี
10. เซอร์โวมอเตอร์	3.93	0.21	ดี
เฉลี่ย	3.91	0.19	ดี

จากตารางที่ 25 พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากการทดลองระยะที่ 2 การประเมินชิ้นงานเพื่อวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ ปีการศึกษา 2560 โดยภาพรวมนักเรียนมีความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.91 แสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยภาพรวมอยู่ในระดับ ดี โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.19 เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่านักเรียนมีความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ทุกรายการประเมินตั้งแต่รายการที่ 1,2,3,4,5,6,7,8,9 และ 10 อยู่ในระดับดี

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบผลตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4 ที่กล่าวว่า “นักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก” จากการทดลองระยะที่ 2 ปรากฏดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 แสดงความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	μ	σ	แปลผล
ด้านการจัดการเรียนรู้			
1. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ร่วมกัน	4.43	0.51	มาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เช่น ฝึกปฏิบัติจริง อภิปรายกลุ่มนำเสนอผลงาน เป็นต้น	4.52	0.51	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและการตัดสินใจของนักเรียน	4.43	0.51	มาก
ด้านบรรยากาศการเรียนรู้			
4. ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	4.48	0.51	มาก
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมได้อย่างอิสระ	4.57	0.51	มากที่สุด
6. บรรยากาศในการเรียนสนุกสนาน เป็นกันเองระหว่างเพื่อนในห้องเรียน	4.86	0.36	มากที่สุด
7. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานช่วยให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข	4.67	0.48	มากที่สุด
ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้			
8. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนทำงานได้อย่างเป็นระบบและรอบคอบ	4.43	0.51	มาก
9. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและชัดเจนขึ้น	4.57	0.51	มากที่สุด

ตารางที่ 26 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	μ	σ	แปลผล
10. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.67	0.48	มากที่สุด
11. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง	4.67	0.48	มากที่สุด
12. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนร่วม ชั้นเรียน	4.48	0.51	มาก
เฉลี่ย	4.56	0.49	มากที่สุด

(รายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 313)

จากตารางที่ 26 พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากการทดลองระยะที่ 2 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ ปีการศึกษา 2560 โดยส่วนรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.56 แสดงว่านักเรียนมีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดโดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อรายการประเมินรายการที่ 2,5,6,7,9,10 และ 11 อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนในรายการที่ 1,3,4,8 และ 12 อยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4

จากการทดลองระยะที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) โดยในส่วนของใบงาน ได้เพิ่มจุดประสงค์ของการทำกิจกรรมในใบงานเพื่อให้นักเรียนได้รู้และเข้าใจถึงจุดประสงค์ของการทำใบงานแต่ละกิจกรรมว่าต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะในเรื่องใด

3.3 ผลการทดลองระยะที่ 3 ปีการศึกษา 2561 (ทดลองซ้ำ)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองระยะที่ 3 เป็นการวิเคราะห์ผลจากการทดลองซ้ำในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 เพื่อต้องการยืนยันข้อสรุปของผลการทดลอง จากผลการทดลองระยะที่ 3 ว่ามีความถูกต้องแน่นอน และเพื่อทำให้เกิดความมั่นใจในประสิทธิผลที่ได้รับจากเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 1 ถึง

ข้อที่ 4 จึงขอนำเสนอผลการทดลองโดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน เช่นเดียวกันกับผลการทดลองในระยที่ 2 ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบผลตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า “เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และมีค่าดัชนีประสิทธิผลตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป” จากการทดลองระยะที่ 3 ปรากฏดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ผลการหาประสิทธิภาพจากการทดลองระยะที่ 3 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 13 คน ระหว่างวันที่ 17 พฤษภาคม 2561 ถึงวันที่ 20 กันยายน 2561 (ทดลองซ้ำ)

จำนวนนักเรียน 13 คน	ทดสอบก่อน ทดลอง (40)	คะแนนระหว่างเรียน			รวมคะแนน ระหว่างเรียน (100)	ทดสอบ หลังทดลอง (40)
		แบบฝึกหัด (35)	ผลงานกลุ่ม (35)	ทดสอบย่อย (30)		
คะแนนรวม	234.00	357.03	360.15	299.50	1016.74	397.00
μ	18.00	27.47	27.70	23.04	78.21	30.54
σ	1.29	0.18	0.08	0.83	0.91	1.33
ร้อยละ	45.00	78.48	79.15	76.79	78.21	76.35
$E_1 = 78.21$					$E_2 = 76.35$	
$EI = 0.57$						

(รายละเอียดในภาคผนวก ซ หน้า 315-322)

จากตารางที่ 27 พบว่า ผลการหาประสิทธิภาพ จากการทดลองระยะที่ 3 ได้ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) 78.21/76.35 และค่าดัชนีประสิทธิผล (EI) 0.57 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ สูงกว่าค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และค่าดัชนีประสิทธิผลตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 1 และข้อที่ 2

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบผลตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 3 ที่กล่าวว่า “นักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05” โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ จากการทดลองระยะที่ 3 ปรากฏดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการทดลองระยะที่ 3 (ทดลองซ้ำ)

นักเรียน	N	μ	T ⁺	T ⁻	T
คะแนนก่อนเรียน	13	18.00	91	0	0
คะแนนหลังเรียน	13	30.54			

* ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T_{(12, .05)} = 17$)

(รายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 323-324)

จากตารางที่ 28 พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) จากการทดลองระยะที่ 3 เห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนกับคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน ของนักเรียนจำนวน 13 คน มีคะแนนค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยมาทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติการทดสอบอันดับที่มีเครื่องหมายกำกับของวิลคอกสัน พบว่า ค่า T ที่ได้จากการทดลองเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าค่า T ที่ได้จากการเปิดตาราง Wilcoxon signed - rank test เท่ากับ 17 จึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 โดยมีค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($30.54 > 18.00$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) จากการทดลองระยะที่ 3 ปรากฏดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 แสดงผลการวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	μ	σ	แปลผล
1. หลอด LED	4.02	0.20	ดี
2. ตัวต้านทานปรับค่าตามแสงแบบ LDR	4.08	0.11	ดี
3. เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว PIR	4.00	0.00	ดี

ตารางที่ 29 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	μ	σ	แปลผล
4. เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินแบบ Capacitive Analog Soil Moisture Sensor	3.75	0.21	ดี
5. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ	3.92	0.09	ดี
6. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)	3.98	0.24	ดี
7. สวิตช์ตรวจจับการชน	3.92	0.09	ดี
8. เซ็นเซอร์ตรวจจับแสงสะท้อนอินฟราเรด	4.17	0.35	ดี
9. เซ็นเซอร์วัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก	4.00	0.00	ดี
10. เซอร์โวมอเตอร์	4.08	0.15	ดี
เฉลี่ย	3.99	0.14	ดี

จากตารางที่ 29 พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากการทดลองระยะที่ 3 การประเมินชิ้นงานเพื่อวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ ปีการศึกษา 2560 โดยภาพรวมนักเรียนมีความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.99 แสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยภาพรวมอยู่ในระดับ ดี โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.14 เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่านักเรียนมีความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ทุกรายการประเมินตั้งแต่รายการที่ 1,2,3,4,5,6,7,8,9 และ 10 อยู่ในระดับดี

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบผลตามสมมติฐานการวิจัย ข้อ 4 ที่กล่าวว่า “นักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจต่อรายวิชาเทคโนโลยี 5 อยู่ในระดับมาก” จากการทดลองระยะที่ 3 ปรากฏดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 แสดงความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	μ	σ	แปลผล
ด้านการจัดการเรียนรู้			
1. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน	4.62	0.51	มากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เช่น ฝึกปฏิบัติจริง อภิปรายกลุ่มนำเสนอผลงาน เป็นต้น	4.69	0.48	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและการตัดสินใจของนักเรียน	4.46	0.52	มาก
ด้านบรรยากาศการเรียนรู้			
4. ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	4.62	0.51	มากที่สุด
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมได้อย่างอิสระ	4.46	0.52	มาก
6. บรรยากาศในการเรียนสนุกสนาน เป็นกันเองระหว่างเพื่อนในห้องเรียน	4.77	0.44	มากที่สุด
7. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยความสุข	4.69	0.48	มากที่สุด
ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้			
8. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนทำงานได้อย่างเป็นระบบและรอบคอบ	4.54	0.52	มากที่สุด
9. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและชัดเจนขึ้น	4.69	0.48	มากที่สุด
10. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.69	0.48	มากที่สุด

ตารางที่ 30 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	μ	σ	แปลผล
11. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง	4.46	0.52	มาก
12. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนร่วมชั้นเรียน	4.62	0.51	มากที่สุด
สรุปผล	4.61	0.50	มากที่สุด

(รายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 325)

จากตารางที่ 30 พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) จากการทดลองระยะที่ 3 จากการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดวังริบุญเลิศ ปีการศึกษา 2561 โดยส่วนรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.61 แสดงว่านักเรียนมีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .50 เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อรายการประเมินรายการที่ 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 และ 12 อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนในรายการที่ 11 อยู่ในระดับมาก

ผลการทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในการทดลองระยะที่ 2 และการทดลองระยะที่ 3 สามารถสรุปได้ว่า ผลการทดลองมีความสอดคล้องกัน คือ เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 มีค่าดัชนีประสิทธิผลตั้งแต่ .50 ขึ้นไป นักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน การวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

โดยรวมอยู่ในระดับดี และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้ออกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) สำหรับจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาเทคโนโลยี 5 โดยรวมในระดับมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 ผลการประเมินและการปรับปรุงเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

4.1 การประเมินผลเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

4.1.1 จุดประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพ การทดลองใช้ออกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

4.1.2 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน

1. เกณฑ์ในการพิจารณาประสิทธิภาพของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

1.1 มีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

1.2 มีค่าดัชนีประสิทธิผลตั้งแต่ .50 ขึ้นไป

1.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังทดลองของนักเรียนที่เรียนโดยเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.4 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ออกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) อยู่ในระดับมาก หรืออยู่ในระดับเกณฑ์ที่กำหนด 3.51 ขึ้นไป

2. ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

2.1 ด้านรูปลักษณ์

2.2 ด้านรูปภาพ

2.3 ด้านเนื้อหา

4.1.3 ผลการประเมิน เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

1. เมื่อพิจารณาค่าสถิติที่เป็นผลการทดลองดังที่แสดงไว้ในตารางข้างต้นทำให้สามารถสรุปได้ว่า เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 มีค่าดัชนีประสิทธิผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ (.50 ขึ้นไป) นักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีระดับความพึงพอใจต่อเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) อยู่ในระดับมากที่สุดและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 3.51 ขึ้นไป

2. ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

2.1 ด้านรูปแบบ สรุปผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด คือ รูปแบบปกของเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีความสวยงาม น่าสนใจ ลักษณะขนาดสีของตัวอักษร รูปแบบเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน และตัวหนังสือชัดเจน อ่านง่าย และมีขนาดเหมาะสม

2.2 ด้านรูปภาพ สรุปผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด คือ รูปภาพและองค์ประกอบของรูปภาพในเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ได้สัดส่วนเหมาะสม รูปภาพในเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีความน่าสนใจ การเรียงลำดับภาพกิจกรรม เป็นขั้นตอนเข้าใจง่าย และสรุปผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด คือ ภาพและคำบรรยายอ่านเข้าใจง่าย ไม่สับสน

2.3 ด้านเนื้อหา สรุปผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุดคือ เนื้อหา มีความเหมาะสมเข้าใจได้ง่าย มีความต่อเนื่อง เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ การนำเสนอ เนื้อหาน่าสนใจ เนื้อหากระตุ้นและสร้างความสนใจของนักเรียน จำนวนกิจกรรมมีความเหมาะสมกับนักเรียน สรุปผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด คือ การจัดลำดับในการนำเสนอเนื้อหา มีการจัดลำดับความสำคัญ สำนวนภาษาเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน คำบรรยายในเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) อ่านแล้วเกิดความเข้าใจได้อย่างชัดเจนและเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ช่วยสร้างทัศนคติและจิตสำนึกที่ดีต่อการเรียนของนักเรียน

4.2 ผลการปรับปรุงเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning)

การประเมินผลการทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ตั้งแต่ในการทดลองระยะที่ 1 จนถึงการทดลองระยะที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงส่วนที่เป็นปัญหา ทั้งจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ประเมินเอกสารประกอบการเรียนการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) ข้อคิดเห็นของนักเรียน ครูผู้สอนและผู้ปกครองนักเรียน รวมถึงผู้ที่มีความสนใจให้การสนับสนุน ผู้วิจัยได้คิดค้นทดลองวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องและข้อสังเกตต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดของเนื้อหา ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การพัฒนาและปรับปรุงจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ได้แก่

1. การปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบประเมินความพึงพอใจตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
2. ปรับปรุงภาพรายละเอียดเครื่องหมายผังงานในเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 2 โดยทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบผังงานและนำตัวอย่างผังงานที่มีความเข้าใจง่ายกว่าผังงานที่ได้ออกแบบไว้ในครั้งแรก
3. ปรับปรุงภาพวงจรการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำการเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ทั้งหมดในภาพแต่ละภาพให้เป็นสัดส่วนมีการปรับสีเส้น (สายสัญญาณ) ให้เห็นความแตกต่างกันเด่นชัด พร้อมมีคำอธิบายกำกับสายสัญญาณในวงจรทุกเส้น
4. ปรับปรุงคำอธิบายตัวอย่างการทดลองในเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 3 และเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 4 โดยทำการปรับเปลี่ยนคำอธิบายและกระบวนการทำงานของตัวอย่างภายในเอกสารประกอบการเรียน โดยมีการใช้คำและเรียบเรียงคำอธิบายใหม่ นักเรียนสามารถอ่านและทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น
5. ปรับปรุงการจัดวางรูปแบบของซอสโค้ดในเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 3 และเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 4 ให้ดูง่ายแก่การทำความเข้าใจ เช่น การจัดวางรูปแบบของคำสั่งเงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถดูซอสโค้ดแล้วเข้าใจว่าในแต่ละฟังก์ชันการทำงานเริ่มจากจุดใดและสิ้นสุดที่จุดใด หรือการใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ในตัวอย่างโปรแกรม เช่น เครื่องหมายปีกกา เครื่องหมายเซมิโคลอนสำหรับสิ้นสุดคำสั่งในแต่ละบรรทัด เป็นต้น
6. การเพิ่มเติมคำอธิบายซอสโค้ดในหัวข้อ “รายละเอียดโค้ดโปรแกรม” เพื่ออธิบายซอสโค้ดในแต่ละบรรทัดว่ามีหน้าที่ทำอะไรในโปรแกรม ทั้งในเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 3 และเอกสารประกอบการเรียนเล่มที่ 4 ซึ่งนักเรียนสามารถอ่านและทำความเข้าใจซอสโค้ดโปรแกรมได้ง่ายขึ้น

7. ปรับปรุงรายละเอียดคำอธิบายของใบงานที่ยังทำให้นักเรียนมีข้อสงสัยให้อ่านทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

8. การเพิ่ม QR CODE (Quick Response) เพื่อแนะนำแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ สำหรับให้นักเรียนสามารถใช้สมาร์ทโฟนหรืออุปกรณ์โมบายอื่น ๆ สแกน QR CODE จากนั้นระบบก็จะนำไปยังลิงค์ข้อมูลที่ได้ทำการเชื่อมโยงไว้เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมได้ ซึ่งมีทั้งความรู้ที่เป็นเนื้อหาและวิดีโอ ประกอบการทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

9. แก้ไขคำผิดในเนื้อหาตามที่นักเรียนได้ตรวจพบในตำแหน่งต่าง ๆ

10. เพิ่มเติมรูปภาพไอคอนประกอบหัวข้อภายในเอกสารประกอบการเรียนทุกเล่ม เพื่อให้มีความรู้สึกร่าอ่าน น่าสนใจ ตามคำแนะนำของนักเรียน