

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงาน เป็นฐานร่วมกับระบบพีเลียง สำหรับวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก

The Development of Learning Management via Project-based Learning with
Mentor under Constructivist Theory for Classical Control System Subject

สันติ หุตะมาน¹, พูลศักดิ์ โกษิยาวรณ²

Santi Hutamarn, Poolsak Koseeyaporn

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการจัดการการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพีเลียงในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก 2) เปรียบเทียบพัฒนาการทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานกับกลุ่มผู้เรียนที่ใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพีเลียงในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก 3) ศึกษาระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพีเลียงในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก 4) เปรียบเทียบความคงทนในการเรียนระหว่างกลุ่มที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานกับกลุ่มผู้เรียนที่ใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพีเลียงในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก และ 5) ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพีเลียงในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่เรียนวิชา 020133923 ระบบควบคุมแบบคลาสสิก ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 30 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มควบคุม 15 คนเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียว และกลุ่มทดลอง 15 คนเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพีเลียง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) คู่มือครู 2) ชุดประลองที่ประกอบด้วยพลาสต์ที่แตกต่างกัน 5 ชนิด 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จำนวน 27 ข้อ มีค่า IOC ที่ได้จากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 8 คน อยู่ระหว่าง 0.75 – 1 ดัชนีความยากง่ายและอำนาจการจำแนกที่ได้จากการให้ผู้เรียนที่ผ่านการเรียนในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิกหรือวิชาอื่นที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกันมาแล้วทดลองทำแบบทดสอบ จำนวน 16 คน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.8 และระหว่าง 0.5 – 1 ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบจากวิธี KR₂₀ มีค่า 0.90 4) แบบทดสอบทักษะปฏิบัติ มีค่า IOC ที่ได้จากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 8 คนอยู่ระหว่าง 0.62 – 0.87 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบจากวิธีสัมประสิทธิ์อัลฟ่ามีค่า 0.767 จำนวน 3 ข้อ และ 5) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพีเลียง

ผลการวิจัยพบว่า 1) พัฒนาการทางการเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) กลุ่มทดลองมีผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนโดยวิธี Average Normalized Gain พบว่ามีความก้าวหน้าทางการเรียนแต่อยู่ในระดับต่ำ ($\bar{g}$ =0.279 น้อยกว่า 0.3) 3) ความ

¹ นักศึกษาระดับการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม สาขาไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

คงทนทางการเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
 4) ระดับความพึงพอใจของกลุ่มทดลองที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พบว่า ความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.83, S.D. = 0.56)

คำสำคัญ: โครงงานเป็นฐาน/ พี่เลี้ยง/ ชุดประลอง/ ความคงทนทางการเรียน

Abstract

This research aims: 1) to develop a learning management based on constructivist approach by using project-based learning with Mentor in Classical Control System course, 2) to compare the development of learning of the students between learning by using project-based learning and project-based learning with mentor in this course, 3) to study the educational progress level of students who learn through the project-based learning with mentor in this course, 4) to compare the learning retention of the students between learning by using project-based learning and project-based learning with mentor in this course, and 5) to evaluate the satisfaction of learners after learning by using project-based learning with mentor in this course. The sample is undergraduate students majoring in Mechatronic Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, who study in 020133923 Classical Control Systems, using purposive sampling of 30 people (divided into 2 groups, control and experiment group). The instruments used in this study were 1) teacher's guide book 2) a experiment set consisting 5 different kinds of plants 3) 27-questions Achievement Test with the IOC's assessment of 8 experts between 0.75 and 1. Difficulty and Discrimination Index of 16 learners who used to learn Classical Control Systems or other subjects with similar contents are from 0.33 to 0.8 and from 0.5 to 1 in order and reliability value with KR₂₀ was 0.90. 4) 3 performance test with the IOC's assessment of 8 experts between 0.62 and 0.87 and Reliability value with alpha coefficient was 0.767 and 5) student satisfaction Questionnaire towards learning based on constructivist approach by using project-based learning with mentor. The results show that 1) comparisons of the development of learning of the students between control group and experiment group are difference at a statistically non-significant level .05, 2) the experiment group was evaluated by Average Normalized Gain of progressive learning showed that the learning progress is low ($\langle g \rangle$ = 0.123 less than 0.3), 3) comparisons of learning retention between control group and experiment group are difference at a statistically non-significant level .05, 4) the satisfaction of the experiment group towards learning based on constructivist approach by using the project-based learning with mentor that the researcher created shows that the satisfaction in general is at high level (mean = 3.83, SD = 0.56).

Key words: Project-based Learning/ Mentoring/ Experimental Set/ Learning Retention

ความเป็นมา

จากรายงานยุทธศาสตร์การผลิตและ พัฒนา กำลังคนของประเทศในช่วงการปฏิรูปการศึกษา ในช่วง ทศวรรษที่สอง พ.ศ. 2552 - พ.ศ. 2561 พบว่ากลุ่ม อุตสาหกรรมต้องการกำลังคนที่มีคุณลักษณะใน 3 ด้าน คือ ความรู้และทักษะที่จำเป็น ความรู้และทักษะวิชาชีพ และคุณธรรมจริยธรรม จรรยาบรรณในการทำงาน (สำนักงานสภาการศึกษา, 2554, หน้า 7) ในขณะที่ คุณภาพของกำลังคนที่สถานศึกษาผลิตได้ ขาด คุณลักษณะที่สำคัญคือ การคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ การแก้ปัญหาในงาน การทำงานเป็นทีม ความรับผิดชอบ ในงาน ความซื่อสัตย์ ความอดทน ความขยันมีวินัย ตรง ต่อเวลา มีภาวะผู้นำ ขณะที่ผู้สำเร็จการศึกษาใหม่ยังไม่ สามารถปฏิบัติงานได้ตรงกับลักษณะงาน สถาน ประกอบการต้องนำไปฝึกอบรมอีกอย่างน้อย 3-6 เดือน หลักสูตรการศึกษาค่อนข้างกว้าง ไม่เฉพาะเจาะจงเพื่อ ไปประกอบอาชีพ (สำนักงานสภาการศึกษา, 2554, หน้า 8-9) โดยเฉพาะเนื้อหาวิชาด้านวิชาชีพหรือวิชาชีพที่ต้องเรียนทฤษฎีพื้นฐานทางฟิสิกส์หรือคณิตศาสตร์ แต่ ไม่สามารถนำไปใช้ในงานอาชีพเพื่อออกแบบหรือสร้าง ชิ้นงานใหม่ๆได้ เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบการจัดการ เรียนรู้ในสถานศึกษาของประเทศไทย ที่ใช้รูปแบบผู้สอน เป็นศูนย์กลาง (Teacher Center) ผู้สอนเป็นผู้ที่ให้ เนื้อหาแก่ผู้เรียนโดยมีเนื้อหาตามที่ผู้สอนกำหนด บางครั้งเนื้อหาอาจจะไม่สอดคล้องกับภาคอุตสาหกรรม ผู้สำเร็จการศึกษาส่วนใหญ่แม้จะมีความรู้พื้นฐาน เพียงพอแต่นำมาใช้ในการทำงานได้เพียงระดับหนึ่ง เท่านั้น ยังขาดความคิดริเริ่มและการประยุกต์ความรู้ พื้นฐานที่เรียนมาในการปฏิบัติงานจริง เนื่องจาก หลักสูตรและการสอนของสถาบันการศึกษาไทยยังคง เน้นความรู้ด้านทฤษฎีเป็นหลักมากกว่าความรู้ในการ ปฏิบัติจริงในวิชาชีพหรือการทำงานที่ภาคอุตสาหกรรม ต้องการ นักการศึกษาจึงให้ความสำคัญกับการเรียน โดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Child Center) ด้วยการใช้ โครงการเป็นฐาน (Project-based Learning) ซึ่งเป็น รูปแบบที่ใช้โครงการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตาม แนวปรัชญาของ John Dewey ที่เน้นให้ผู้เรียนมีการ เรียนรู้จากสถานการณ์ที่เป็นจริง (ประทุม อังกูโรหิต, 2556, หน้า 93) หรือ Learning by Doing การจัดการ เรียนโดยใช้โครงการเป็นฐานจัดได้ว่าเป็นรูปแบบการ

เรียนรู้ที่มีรากฐานจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยอาศัย การเรียนรู้ด้วยตนเองจากกลุ่มด้วยการลงมือปฏิบัติ ตาม ปรัชญาปฏิบัตินิยม (Pragmatism) หากผู้สอนเลือก โครงการให้สอดคล้องกับงานด้านอุตสาหกรรม ก็จะ สามารถนำมาบูรณาการประยุกต์ใช้กับงานด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ได้ เช่น การเรียนรู้เกี่ยวกับโครงการด้าน Opto-electronics Sensing (Gao-Wei Chang et.al., 2008) โดยให้เริ่มต้นจากให้ตัวอย่างง่าย ๆ ผู้เรียนต้อง ออกแบบ สร้าง และแก้ปัญหางานย่อย (Task) ขณะเดียวกันค่อยๆเพิ่มความยากขึ้นเป็นลำดับ (Progressive) จนกระทั่งแน่ใจว่าผู้เรียนสามารถทำ โครงการได้ด้วยตัวเอง ซึ่งการค่อยๆเพิ่มความยากของ งานย่อยนี้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) เป็นการเรียนรู้ทั้งทางด้านความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการทำงานไปพร้อมกับทักษะ การแก้ปัญหา และทักษะการค้นคว้าหาข้อมูลใน ขณะ ดำเนินการจัดทำโครงการ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียน เกิดการร่วมมือกัน (Collaborative) ในระหว่างการทำงานอีกด้วย แต่ข้อจำกัดของการใช้รูปแบบโครงการ เป็นฐานอยู่ที่เวลาของทั้งผู้เรียนและผู้สอนมักจะ ไม่ สัมพันธ์กัน (K. Gavin, 2011) กล่าวคือ เมื่อผู้เรียน ประสบปัญหาในการทำโครงการ ผู้สอนไม่สามารถ จัดสรรเวลาให้พอเพียงต่อการชี้แนะและให้คำปรึกษาได้ ทำให้ผู้เรียนบางคนมีโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากความ จริง (Missing Vital Concept) การนำระบบพี่เลี้ยง (Mentoring) มาช่วยให้คำชี้แนะ ให้ผลดีในด้านการเรียน โดยเฉพาะรายวิชาที่ต้องเรียนรู้ด้วยตนเอง (มนต์ชัย เทียนทอง, 2551) ซึ่งระบบพี่เลี้ยงส่วนใหญ่นิยมนำมาใช้ กับการให้คำชี้แนะนักศึกษาฝึกสอน (สุรกานต์ จังหาร, 2553), หรือการให้คำชี้แนะแบบออนไลน์สำหรับการ เรียนรู้ด้วยตัวเองแบบอีเลิร์นนิ่ง (รุ่งทิพา เสาร์สิงห์, 2554) ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ในส่วนของการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาที่เกี่ยวกับ ระบบ ควบคุมแบบคลาสสิก (Classical Control System) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นหนักในด้านการใช้ คณิตศาสตร์ ช่วยในการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ทาง ธรรมชาติ ซึ่งในอดีต Maxwell ได้นำวิธีการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ (Differential Equation) มาอธิบายการ ทำงานของระบบ (System) ช่วยให้นักวิจัยและนัก

ออกแบบการควบคุมระบบ สามารถเข้าใจพฤติกรรมการทำงานได้ดียิ่งขึ้น (Norman S. Nise, 2011, หน้า 4-5) แต่เมื่อ Laplace (1749-1827) ได้คิดการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ด้วยการแปลง (Transform) ให้อยู่ในโดเมนของ s (s -Domain) การแก้สมการเชิงอนุพันธ์ ก็กลายเป็นเรื่องที่ยากขึ้นจนกระทั่ง Routh นำเสนอวิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพอย่างง่ายด้วยตารางการวิเคราะห์เสถียรภาพของ Routh ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นให้มีการขยายความคิดในการวิเคราะห์การควบคุมระบบด้วยแผนภาพทางกราฟโดยเฉพาะที่สำคัญคือ Nyquist (Nyquist Plot), Bode (Bode Plot) และ Evan (Root Locus Plot) ซึ่งช่วยให้การวิเคราะห์การควบคุมระบบง่ายขึ้นและมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นกว่าแต่ก่อนมาก แต่ทั้งนี้ต้องอาศัยการพล็อตกราฟด้วยมือ แต่หลังจากที่คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในการช่วยในการพล็อตกราฟ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะโปรแกรม MATLAB ช่วยให้ผู้เรียนสามารถจำลองการทำงานของระบบจากฟังก์ชันถ่ายโอนได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์เห็นผลตอบสนองของระบบ และเลือกชนิดของตัวควบคุม (Controller) ที่เหมาะสมได้ทันที ช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพผลตอบสนองของระบบและผลจากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมได้ทันทีทันใด ลดความยุ่งยากทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนบางคนมีพื้นฐานน้อยทำให้เบื่อหน่ายในการเรียน นอกจากนี้ในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิกยังเป็นการบูรณาการศาสตร์ต่างๆ ด้านวิศวกรรม เช่น อิเล็กทรอนิกส์ วงจรไฟฟ้า พื้นฐานงานกล และพื้นฐานงานไฟฟ้า เข้าด้วยกันส่งเสริมการคิดประยุกต์ใช้งานศาสตร์ด้านต่างๆ (Jeffrey L. Newcomer, 1998) จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงเห็นประโยชน์ของวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการบูรณาการศาสตร์ทั้งหลายเข้าด้วยกัน ควบคู่กับการนำวิธีการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับระบบพีซีที่คอยช่วยเหลือให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีทักษะอันพึงประสงค์ได้รวดเร็วขึ้น โดยพีซีจะต้องมีความรู้ทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติตลอดจนเทคนิคในการสอนงาน นอกจากนี้ยังช่วยลดช่องว่างระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทักษะการทำงาน ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร ทักษะการค้นคว้าหาข้อมูล และทักษะ

การเรียนรู้ร่วมกับบุคคลอื่น ตามหลักการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อประโยชน์ในการผลิตบัณฑิตให้สอดคล้องกับภาคอุตสาหกรรม รวมถึงเป็นการพัฒนาและเตรียมความพร้อมในด้านกำลังคนในประเทศกำลังต้องการอย่างสูงอีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับระบบพีซีในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก
2. เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนระหว่างผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียวกับโครงงานเป็นฐานร่วมกับระบบพีซีในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก
3. เพื่อศึกษาระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับระบบพีซีในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก
4. เพื่อเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนระหว่างผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียวกับโครงงานเป็นฐานร่วมกับระบบพีซีในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก
5. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับระบบพีซีในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก

สมมติฐานการวิจัย

1. ผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียวกับใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับระบบพีซีมีพัฒนาการทางการเรียนแตกต่างกัน
2. ผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยการใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียวกับใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับระบบพีซีมีความคงทนทางการเรียนแตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi Experiment) นำเครื่องมือในการวิจัยไปใช้ในรายวิชา ระบบควบคุมแบบคลาสสิก ของผู้เรียนในระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่เรียนวิชา 020133923 ระบบควบคุมแบบคลาสสิก ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 98) จำนวน 30 คนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มควบคุมใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียว จำนวน 15 คน (แบ่งเป็น 5 กลุ่มๆละ 3 คน) และกลุ่มทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยง จำนวน 15 คน (แบ่งเป็น 5 กลุ่มๆละ 3 คน)

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนธันวาคม 2557

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ หมายถึง การที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการค้นพบด้วยตัวเอง ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างความรู้ ความคิด และมโนทัศน์ใหม่ๆจากพื้นความรู้เดิมของตนเองที่มีอยู่ในอดีต (Bruner, Goodnow & Austin, 1956; Bruner, 1960 อ้างถึงใน สิริอร วิชชาวุธ, 2554, หน้า 152-153)

2. การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนเป็นผู้พัฒนา ออกแบบ และปฏิบัติงานด้วยการทำโครงงาน โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (บุญเลี้ยง ทุมทอง, 2556, หน้า 184) โดยเน้นการนำความรู้พื้นฐานเดิมด้านอิเล็กทรอนิกส์บูรณาการเข้ากับการควบคุมด้วยการทำโครงงานแล้วเชื่อมโยงทักษะด้านปฏิบัติไปสู่เนื้อหาด้านทฤษฎี

3. ระบบพี่เลี้ยง หมายถึง ระบบที่คัดเลือกผู้เรียนที่เคยผ่านการเรียนวิชา ระบบควบคุมแบบ

คลาสสิก หรือวิชาอื่นที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกันโดยใช้โครงงานเป็นฐานและวิชา ฝึกประสบการณ์การสอนวิชาชีพ 1 มาก่อน จำนวน 5 คนแล้วนำมาฝึกอบรมและทดสอบทักษะการปฏิบัติในการเป็นพี่เลี้ยงให้คำแนะนำทั้งทางด้านเทคนิคการปฏิบัติการทำโครงงานและการให้คำปรึกษาเมื่อผู้เรียนมีปัญหาด้านจิตใจที่เกิดจากการทำโครงงาน

เครื่องมือและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย

1. คู่มือครูสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานที่ประกอบไปด้วย

1.1 แผนจัดการเรียนรู้ 4 หน่วยการเรียนรู้

1.2 แบบทดสอบท้ายบทเรียน

1.3 ใบเนื้อหา 4 หน่วยการเรียนรู้

1.4 แบบประเมินตามสภาพจริงเพื่อประเมิน

ผู้เรียนขณะดำเนินการทดลองตามใบสั่งงานและขณะทำโครงงาน รวมถึงการนำเสนอโครงงานและการประเมินชิ้นงาน ด้วยเกณฑ์ประเมินรูบริกส์

1.5 แบบสรุปผังมโนทัศน์

2. ชุดประลองพลาเน็ต (Plant Experiment Set) เพื่อใช้ในการทำโครงงานจำนวน 5 พลาเน็ตที่แตกต่างกัน ผู้เรียนจะต้องออกแบบ/จำลองการทำงานและลงมือปฏิบัติต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โอปแอมป์ (Operational Amplifier : Op-amp.) เพื่อปรับตั้งและควบคุมพลาเน็ตให้มีผลตอบสนองสอดคล้องตามทฤษฎีประกอบไปด้วย พลาเน็ตควบคุมอุณหภูมิ พลาเน็ตควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง พลาเน็ตควบคุมตำแหน่งด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง พลาเน็ตควบคุมตำแหน่งด้วย Ball Screw และพลาเน็ตควบคุมระดับน้ำในถัง พร้อมคู่มือการใช้งาน

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อใช้เป็นเครื่องมือเปรียบเทียบพัฒนาการทางการเรียนและระดับความก้าวหน้าทางการเรียนชนิด 4 ตัวเลือกจำนวน 27 ข้อ ที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.75 – 1.00 ดัชนีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.80 อำนาจการจำแนกอยู่ระหว่าง 0.50 – 1.00 และค่าความเชื่อมั่น 0.90

4. แบบทดสอบทักษะปฏิบัติ จำนวน 3 ข้อ ที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.62 – 0.87 และค่าความเชื่อมั่น 0.767

5. คู่มือฝึกอบรมที่เลี้ยงที่ประกอบไปด้วย

5.1 แผนการจัดการเรียนรู้ 3 หน่วยการเรียนรู้

5.2 แบบทดสอบท้ายบทเรียน

5.3 แบบฝึกการแสดงบทบาทสมมติ เพื่อฝึกการเป็นผู้ให้คำแนะนำ (Coaching) และการให้คำปรึกษา

5.4 แบบทดสอบการปฏิบัติการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ฮอปแอมป์

6. แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยง โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ แสดงดังตารางที่ 1 (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2550, หน้า 69)

ตารางที่ 1 การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ

ค่าเฉลี่ย	การแปลความหมาย
4.50 – 5.00	มากที่สุด
3.50 – 4.49	มาก
2.50 – 3.49	ปานกลาง
1.50 – 2.49	น้อย
1.00 – 1.49	น้อยที่สุด

7. สถิติที่ใช้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยประกอบด้วย

7.1 สถิติทดสอบที (Independent t-test Difference Score) เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการทางการเรียนและความคงทนในการเรียนของเป็นผู้เรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียว กับกลุ่มทดลองที่ใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยง (ชูศรี วงศ์รัตน์ และองอาจ นัยพัฒน์, 2551, หน้า 150)

7.2 Average Normalized Gain (Richard R. Hake, 1998) เพื่อประเมินระดับความก้าวหน้าของผู้เรียนกลุ่มทดลองที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยง

7.3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจ โดยใช้ร่วมกับตารางที่ 1 เพื่อแปลความหมาย

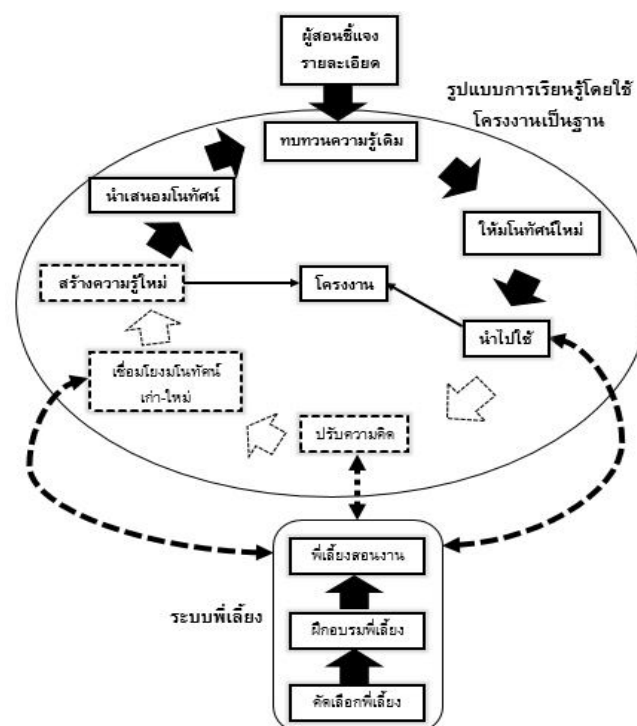
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยงซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยง ผู้วิจัยได้กรอบแนวคิดเกี่ยวกับ รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐาน โดยการปรับปรุงจากแนวคิดของไดรเวอร์และเบลล์ (Driver and Bell : 1986) โดยนำการประเมินตามสภาพจริงที่ใช้เกณฑ์ประเมินรูบริกส์ (Rubrics) ตามแนวคิดของพิมพ์พันธุ์ เดชเชอุต์ และเพยาว์ ยินดีสุข (2555) เพื่อนำมาประเมินกระบวนการ การจัดการเรียนรู้ ขณะดำเนินการจัดการเรียนรู้และประเมินชิ้นงานหลังเสร็จสิ้นการดำเนินการทำโครงงาน นอกจากนี้การประเมินด้านพุทธิพิสัยและทักษะพิสัยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และแบบทดสอบปฏิบัติที่ผ่านการประเมินคุณภาพแล้ว สำหรับขั้นตอนการทบทวนความรู้เดิม (Prior Knowledge) ใช้ผังมโนทัศน์ (Mind Mapping) โดยให้ผู้เรียนสรุปเป็นองค์ความรู้ที่ผู้เรียนได้รับจากการทดลองและการทำโครงงาน และก่อนให้มโนทัศน์ใหม่ ผู้เรียนจะต้องนำเสนอผังมโนทัศน์ที่กลุ่มของตนเองร่วมกันจัดทำหน้าชั้นเรียน หากผู้สอนพบว่าผู้เรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง (Missing Vital Concept) ผู้สอนสามารถปรับแก้ได้ทันที ทั้งนี้การที่ผู้เรียนจะสามารถทำโครงงานได้ จะต้องอาศัยความรู้เดิมที่เพียงพอต่อการทำโครงงานผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อหลักออกเป็น 4 หน่วย แต่

ละหน่วยจะให้มันทัศนที่มีความต่อเนื่องและเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน ควบคู่กับการลงมือปฏิบัติด้วยการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยเน้นการใช้ไอซีออปแอมป์เป็นหลัก เนื่องจากมีวงจรที่ไม่ยุ่งยากมากนักแต่สามารถใช้งานควบคุมได้จริง มีการตรวจสอบผลจากการจำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ด้วยโปรแกรม MATLAB ทำยบทเรียนหลังจากเรียนรู้จนกระทั่งครบ 4 หน่วยแล้วจึงให้ผู้เรียนเริ่มลงมือทำโครงการจากพลาเน็ตที่เตรียมไว้ 5 ชนิด การปฏิบัติจะมีพี่เลี้ยงคอยให้คำชี้แนะและคำปรึกษาที่จำเป็นต่อการเรียนรู้จำนวน 5 คน โดยมีการคัดเลือกพี่เลี้ยงจากผู้ที่เคยผ่าน

การเรียนวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก โดยใช้โครงการเป็นฐานและวิชาการฝึกประสบการณ์การสอนวิชาชีพ 1 มาก่อนแล้วจากนั้นนำมาเข้ากระบวนการฝึกอบรมและต้องผ่านการทดสอบ การเป็นพี่เลี้ยงสอนงานเสียก่อนเพื่อให้มั่นใจได้ว่าเป็นผู้ที่สามารถให้คำชี้แนะในด้านเทคนิคการปฏิบัติและให้คำปรึกษาด้านจิตใจที่ผู้เรียนเกิดความเครียดจากการลงมือปฏิบัติทำโครงการแล้วมีอุปสรรค จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงการเป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยงเพื่อนำไปใช้กับรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก ได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงการเป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยง

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยเริ่มจากการวิเคราะห์งาน (Job Analysis) (พิสิฐ เมธาภักดิ์, 2530 : หน้า 60) ได้หัวข้อหลักเป็น 4 หัวข้อ ประกอบด้วย หน่วยที่ 1 แผนภาพบล็อก (Block Diagram) หน่วยที่ 2 ผลตอบสนองเชิงเวลา (Time Response) หน่วยที่ 3 ทางเดินของราก (Root Locus) และหน่วยที่ 4 การออกแบบตัวควบคุม (Controller Design) แล้วนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์งาน ไปกำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละหน่วย จากนั้นจึงนำวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ไปออกแบบแผนการ

จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยแผนการจัดการเรียนรู้นั้นปรับปรุงจากรูปแบบของ ไดรเวอร์และเบลล์ (Driver and Bell, 1986) ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1. ขั้นนำ (Orientation) เป็นการแนะนำให้ผู้เรียนเข้าใจและตื่นตัวในวิธีการเรียนโดยใช้โครงการเป็นฐาน ผู้สอนจะชี้แจงรายละเอียดและขั้นตอนการทำงานโครงการเพื่อให้ผู้เรียนเตรียมวางแผนและจัดสรรเวลาที่เหมาะสมในการเรียนรู้

2. ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicitation of The Prior Knowledge) เป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมเพื่อที่จะช่วยให้การสร้างความรู้ใหม่ให้เกิดประสิทธิภาพ หากละเลยความรู้เดิมไป การให้ความรู้ใหม่แก่ผู้เรียนจะขาดการเชื่อมโยง ผู้เรียนจะใช้วิธีการจำ ซึ่งเป็นความจำระยะสั้นและหากความจำนั้นไม่มีความสำคัญแก่ผู้เรียน ไม่สามารถเข้ารหัส (Coding) ไปสู่ความจำระยะยาวได้ ผู้เรียนก็จะเกิดอาการลืม หรือจำได้เพียงบางส่วน ซึ่งจะเป็อุปสรรคในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ด้วยการให้ผู้เรียนนำเสนอผังมโนทัศน์ (Mind Mapping) ที่ได้จากการเรียนในสัปดาห์ที่ผ่านมา หากผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากความจริงผู้สอนอาจช่วยชี้แนะปรับมโนทัศน์ที่ถูกต้องให้กับผู้เรียนได้ทันที

3. ขั้นปรับเปลี่ยนความคิด (Turning Restructuring of Ideas) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะต้องปรับโครงสร้างทางปัญญาให้สมดุลระหว่างความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ ที่เรียกว่ากระบวนการทางสติปัญญา (Cognitive Process) โดยผู้สอนจะให้มโนทัศน์ (Concept) ในการเรียนแต่ละหน่วย ผู้เรียนจะต้องเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่เพื่อสร้างองค์ความรู้เป็นของตนเอง

4. ขั้นนำความคิดไปใช้ (Application Ideas) เมื่อผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน ซึ่งการเชื่อมโยงความรู้นี้จะใช้การปฏิบัติทำโครงงานย่อยตอนท้ายของบทเรียน ช่วยให้ผู้เรียนปรับโครงสร้างทางปัญญาได้รวดเร็วขึ้น

5. ขั้นทบทวน (Review) เป็นการสรุปองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดจากการเชื่อมโยงความคิดใหม่กับความคิดเดิมแล้วผสานเป็นเนื้อเดียวกัน แต่อยู่กระจัดกระจายตามแต่ละหัวข้อที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดและการปฏิบัติลงมือทำงาน การทบทวนจะช่วยให้ผู้เรียนสรุปเป็นประเด็นๆ ตามที่ผู้เรียนเข้าใจแล้วถ่ายทอดออกมาเป็นภาษาเขียนซึ่งเป็นที่น่าใช้การสรุปลงบนผังมโนทัศน์ตอนท้ายบทเรียนเป็นตัวที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้ที่เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนได้เป็นอย่างดีในขณะเดียวกันก็ใช้แบบทดสอบท้ายบทวัดความรู้และแบบฝึกปฏิบัติวัดทักษะของผู้เรียนด้วย

เมื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เสร็จเรียบร้อยแล้วจึงดำเนินการออกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมชนิด 4 ตัวเลือก แล้วจึงดำเนินการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 คนประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ (Index of Item Objective Congruence : IOC) พบว่ามีค่า IOC ที่ได้จากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.75 – 1 นำแบบทดสอบไปให้ผู้เรียนที่ผ่านการเรียนวิชา ระบบควบคุมแบบคลาสสิกหรือวิชาอื่นที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน จำนวน 16 คนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เพื่อหาดัชนีความยากง่ายและอำนาจการจำแนก ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.8 และระหว่าง 0.5 – 1 ตามลำดับและมีค่าความเชื่อมั่นตามสูตร KR_{20} เท่ากับ 0.90 ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีคุณภาพ จำนวน 27 ข้อ และแบบทดสอบปฏิบัติ มีค่า IOC ที่ได้จากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ อยู่ระหว่าง 0.62 – 0.87 มีความเชื่อมั่นตามสูตรการหาสัมประสิทธิ์อัลฟ่าของคอนบาค (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 200) เท่ากับ 0.767 จำนวน 3 ข้อ

สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ประกอบไปด้วยสื่อการเรียนรู้ออนไลน์เพอร์เวอร์พอยต์ จำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้เพื่อใ้หมโนทัศน์ใหม่แก่ผู้เรียน ควบคู่กับการใช้โปรแกรม MATLAB และใบเนื้อหาที่มีเนื้อหาที่สอดคล้องกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน มีการจำลองการทำงานหลังจากที่ผู้เรียนได้รับมโนทัศน์ใหม่แล้วได้ทันทีจากโปรแกรม MATLAB ขณะเดียวกันเมื่อผู้เรียนอยู่ในขั้นปรับความคิดเพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ด้วยการใช้โปรแกรมแล้วการจะทำให้ความรู้ใหม่มีความคงทนในทุกๆบทเรียน ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติตัวอย่างจริงเพื่อจำลองการทำงานการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ออปแอมป์) ทั้งนี้ผลการจำลองการทำงานด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะสอดคล้องกับการจำลองการทำงานที่ได้จากโปรแกรม MATLAB เมื่อผู้เรียนเรียนจบครบ 4 หน่วยการเรียนรู้แล้ว จะต้องลงมือทำโครงงานจากการร่วมมือกันภายในกลุ่ม ด้วยชุดประลองที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ประกอบด้วยพลาเน็ตการควบคุมอุณหภูมิ พลาเน็ตการควบคุมตำแหน่งด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง พลาเน็ตการควบคุมตำแหน่งด้วย Ball Screw พลาเน็ตการควบคุมระดับน้ำในถังน้ำ และพลาเน็ตการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง ผู้เรียนจะต้องออกแบบตัวควบคุมด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ออปแอมป์) เพื่อควบคุมชุดประลองพลาเน็ต จะต้องทดสอบหาผลตอบสนองของพลาเน็ตทั้งลูปเปิด (Open Loop) และลูปปิด (Close Loop) ได้ถูกต้องตามทฤษฎีโดยอาศัยความรู้ที่ได้จาก

การเรียนรู้ทั้ง 4 หน่วยการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนสามารถ ทบทวนหลักทฤษฎีจากใบเนื้อหาที่ผู้วิจัยสร้างไว้ได้ ใน ด้านการประเมินผลผู้วิจัยใช้หลักในการออกแบบการ ประเมินผลด้วยการประเมินตามสภาพจริงด้วยเกณฑ์ ประเมินรูบริกส์ (Rubrics) 3 ระดับ โดยให้ผู้เรียน ประเมินกันเองในขณะและหลังลงมือปฏิบัติ แบ่งออกเป็น แบบประเมินการปฏิบัติตามใบสั่งงาน และแบบประเมิน การทำงานกลุ่ม เมื่อผู้เรียนเริ่มทำโครงการจะใช้แบบ ประเมินการปฏิบัติตามใบสั่งงาน แบบประเมินการ ทำงานกลุ่ม แบบประเมินโครงการ และแบบประเมินการ นำเสนอโครงการ ซึ่งแบบประเมินโครงการ และแบบ ประเมินการนำเสนอโครงการผู้สอนจะร่วมประเมินและมี คณะเนนให้ด้วย สำหรับการประเมินการปฏิบัติตามใบสั่ง งาน และการประเมินการทำงานกลุ่ม จะเป็นการ ประเมินเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบในงาน และมีความรับผิดชอบต่อกันแต่จะไม่นำมาคิดเป็น คณะเนน

เมื่อได้เครื่องมือสำหรับผู้เรียนแล้ว ผู้วิจัยจึง ออกแบบเครื่องมือสำหรับการฝึกอบรมพี่เลี้ยง ที่ ประกอบไปด้วย แผนการจัดฝึกอบรมพี่เลี้ยง ที่มีเนื้อหา 3 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย การฝึกอบรมการให้ การชี้แนะ (Coaching) การให้คำปรึกษา (Counseling) การใช้แบบประเมินตามสภาพจริง และการใช้แบบสังเกต ในการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน มีการทบทวนด้าน ทักษะและทฤษฎีพื้นฐานระบบควบคุมแบบคลาสสิก สื่อการสอนเพาเวอร์พอยต์ แบบฝึกการแสดงบทบาท สมมุติ แบบสรุปผังมโนทัศน์ และแบบทดสอบการปฏิบัติ จำนวน 2 ข้อ หลังจากที่ได้เครื่องมือในการวิจัยแล้ว จึง ดำเนินจัดสร้างเป็นคู่มือครู และคู่มือการฝึกอบรมพี่เลี้ยง เพื่อเป็นเอกสารสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินความ เหมาะสม และเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำงานวิจัยไป ใช้ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 หลังจากที่ได้ผู้วิจัยออกแบบสร้าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอน ต่อไปคือการนำเครื่องมือไปทดสอบนำร่อง (Try Out) โดยนำไปใช้กับผู้เรียนที่ยังไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็น ผู้เรียนที่เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรม แมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุ ศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าพระนครเหนือ ที่เรียนวิชาระบบควบคุมแบบ

คลาสสิกในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 18 คน โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มตามชนิดของพลาเน็ต (กลุ่ม ละไม่เกิน 4 คน) ทดลองเรียนโดยใช้เครื่องมือดังกล่าว ทำการเก็บผลและวิเคราะห์ข้อเด่น-ข้อด้อยของเครื่องมือ ที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนำมาปรับปรุงให้เครื่องมือเหมาะสม ยิ่งขึ้นโดยข้อบกพร่องที่พบ อาทิเช่น ใช้เวลาในการดำเนิน โครงการนานเกินไป (ทำโครงการ 6 สัปดาห์) การ จำลองการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB ยากต่อการ ทำความเข้าใจ ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์บางข้อยากและง่าย เกินไป ผู้เรียนใช้แบบประเมินตามสภาพจริงยังไม่เต็ม ศักยภาพ ยังมีผู้เรียนบางคนไม่พยายามช่วยงานในกลุ่ม ของตนเอง ชุดประลองในการทำโครงการ (พลาเน็ต) ขาดคู่มือการใช้งานทำให้เสียเวลาในการสืบค้นข้อมูล รวมถึงการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำโครงการยังไม่มี ความพร้อม ทำให้ผู้เรียนเสียเวลาในการจัดเตรียม อุปกรณ์ในการทำโครงการ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 การทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างโดย มีแบบแผนการทดลองแบบ Nonrandomized Control-group Pretest-posttest Design ทำการคัดเลือก พี่เลี้ยง จากผู้ที่เคยเรียนวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิกหรือวิชา อื่นที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน และวิชาการฝึกประสบการณ์ การสอนวิชาชีพ 1 มาแล้วจำนวน 5 คนซึ่งแต่ละคน จะต้องเคยใช้ชุดประลอง (พลาเน็ต) ที่แตกต่างกัน 5 ชนิดมาแล้วนำมาฝึกอบรมตามคู่มือการฝึกอบรมพี่เลี้ยง และทำการทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติ ตามแบบทดสอบ ที่อยู่ในคู่มือการฝึกอบรมพี่เลี้ยงจนได้พี่เลี้ยงที่มี สมรรถนะอันพึงประสงค์ตามต้องการแล้วจึงดำเนินการ แบ่งผู้เรียนที่เรียนในรายวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมด 30 คน ออกเป็นกลุ่มทดลอง 15 คนแบ่งเป็น กลุ่มย่อย 5 กลุ่มๆละ 3 คน จัดการเรียนรู้ตามแผน จัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงการ เป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยงและกลุ่มควบคุม 15 คนแบ่งเป็น กลุ่มย่อย 5 กลุ่มๆละ 3 คน จัดการเรียนรู้ตามแผน จัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงการ เป็นฐานเพียงอย่างเดียว

1. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับผู้เรียนที่ เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คนด้วยแบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ จำนวน 27 ข้อ

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้ตามคู่มือครูโดยเวลาในการจัดการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่ตรงกัน จำนวน 4 หน่วยเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังจากนั้นให้แต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบ/จำลองการทำงานและต้องจรรยาบรรณอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ออปแอมป์) เป็นโครงการเพื่อควบคุมพลังงานที่แตกต่างกัน 5 แบบ ภายในระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยหลังจากทำโครงการเสร็จแต่ละกลุ่มจะต้องนำเสนอผลงานของตนเองพร้อมกับเขียนคู่มือการใช้งาน (Operation Manual) โดยใช้แบบประเมินตามสภาพจริงด้วยเกณฑ์ประเมินรูบริกส์ เพื่อประเมิน โครงการและการนำเสนอโครงการ

3. ทดสอบหลังเรียนทันทีหลังจากที่ผู้เรียนนำเสนอโครงการเสร็จ ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนจำนวน 27 ข้อ และแบบทดสอบทักษะปฏิบัติจำนวน 3 ข้อ พร้อมกับให้ผู้เรียนประเมินแบบประเมินความพึงพอใจ

4. หลังจากผ่านไปอีก 2 สัปดาห์ทำการทดสอบซ้ำด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีการสลับข้อและสลับตัวเลือก จำนวน 27 ข้อ

ผลการวิจัย

1. พัฒนาการทางการเรียนของกลุ่มควบคุมที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงการเป็นฐานเพียงอย่างเดียวกับกลุ่มทดลองที่ใช้โครงการเป็นฐานร่วมกับพีเลียง ไม่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบพัฒนาการเรียนรู้ ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

คะแนน	N	$\bar{x}$	S.D.	t	sig.
กลุ่มควบคุม	15	2.0	5.50	-1.12*	.272
กลุ่มทดลอง	15	4.0	4.19		

2. กลุ่มทดลองที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงการเป็นฐานร่วมกับพีเลียงมี

ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี Average Normalized Gain ตามสมการที่ 1

$$g = \frac{(\%posttest) - (\%pretest)}{(100\%) - (\%pretest)} \quad (1)$$

$$g = \frac{(46.93) - (32.11)}{(100) - (46.93)} = 0.279$$

ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนโดยวิธี Average Normalized Gain พบว่ากลุ่มทดลองมีความก้าวหน้าทางการเรียนแต่อยู่ในระดับต่ำ (<g>= 0.279 น้อยกว่า 0.3)

3. ความคงทนในการเรียนของกลุ่มควบคุมที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงการเป็นฐานเพียงอย่างเดียวกับกลุ่มทดลองที่ใช้โครงการเป็นฐานพีเลียง ไม่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความคงทนทางการเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

คะแนน	N	$\bar{x}$	S.D.	t	sig.
กลุ่มควบคุม	15	2.80	3.49	-2.18*	.029
กลุ่มทดลอง	15	3.07	3.20		

4. การวิเคราะห์ค่าระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงการเป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยง พบว่าภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.83$, S.D. = 0.56) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าอยู่ในระดับมาก

ทั้งหมดโดยด้านความเหมาะสมของรูปแบบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x} = 3.91$, S.D.=0.65) และด้านการประเมินผลมีค่าเฉลี่ยน้อยสุด ($\bar{x} = 3.64$, S.D.=0.78) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับความพึงพอใจของกลุ่มทดลอง

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
ด้านความเหมาะสมของรูปแบบ	3.91	0.65	มาก
1. การชี้แนะจากผู้สอนช่วยในการทำโครงการสำเร็จ	3.93	0.70	มาก
2. โครงการช่วยผู้เรียนเข้าใจหลักทฤษฎี	4.00	1.00	มาก
3. การจัดทำโครงการช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.40	0.83	มาก
4. เพื่อนในกลุ่มช่วยส่งเสริมการเรียนรู้	3.53	1.06	มาก
5. เพื่อนต่างกลุ่มมีส่วนช่วยในการทำโครงการ	3.20	0.67	ปานกลาง
6. การจัดสภาพห้องเรียนและห้องทำโครงการช่วยให้ค้นหาข้อมูลเร็วขึ้น	3.20	1.08	ปานกลาง
7. โครงการเป็นฐานช่วยส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา	4.27	0.79	มาก
8. โครงการเป็นฐานช่วยส่งเสริมทักษะการค้นหาข้อมูลด้วยตัวเอง	4.27	0.96	มาก
9. การเรียนโดยใช้โครงการเป็นฐานช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้	4.07	0.88	มาก
10. โครงการเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา	3.87	0.74	มาก
ด้านความเหมาะสมของชุดทดลอง	3.82	0.75	มาก
11. ปลายทางมีความเหมาะสมกับเนื้อหาและรูปแบบการเรียนรู้	3.87	0.74	มาก
12. ชุดทดลองช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงงานปฏิบัติเข้ากับทฤษฎี	3.87	0.74	มาก
13. ปลายทางช่วยส่งเสริมการเรียนรู้	3.73	1.10	มาก
ด้านความเหมาะสมในการประเมินผล	3.64	0.78	มาก
14. การประเมินผลตามใบสั่งงานมีความชัดเจน ทุกคนมีส่วนร่วม	3.87	0.83	มาก
15. การประเมินการทำงานกลุ่มมีความชัดเจน ทุกคนมีส่วนร่วม	3.60	0.99	มาก
16. การประเมินชิ้นงานมีความชัดเจน ทุกคนมีส่วนร่วม	3.67	0.72	มาก
17. การประเมินการนำเสนอโครงการมีความชัดเจน ทุกคนมีส่วนร่วม	3.60	0.74	มาก
18. การประเมินผลมีความเหมาะสมและมีความยุติธรรม	3.47	1.13	มาก
ด้านพี่เลี้ยง	3.90	0.46	มาก
19. การชี้แนะจากพี่เลี้ยงช่วยในการทำโครงการประสบความสำเร็จ	4.27	0.96	มาก
20. พี่เลี้ยงมีความรู้เพียงพอ	3.60	1.12	มาก
21. พี่เลี้ยงช่วยชี้แนะปัญหาด้านเทคนิคการปฏิบัติอย่างมีประสิทธิภาพ	4.07	0.59	มาก
22. พี่เลี้ยงช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์จากการทำโครงการ	3.40	0.83	ปานกลาง
23. พี่เลี้ยงมีเวลาเพียงพอในการชี้แนะ	4.20	0.78	มาก
24. พี่เลี้ยงเป็นกันเองกับผู้เรียน	4.00	0.93	มาก
25. พี่เลี้ยงช่วยให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	3.80	1.01	มาก
รวมผลประเมินทั้ง 4 ด้าน	3.83	0.56	มาก

อภิปรายผลการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ

จอมเกล้าพระนครเหนือที่เรียนวิชา 020133923 ระบบควบคุมแบบคลาสสิก จำนวน 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 15 คน คัดเลือกเข้ากลุ่มโดยเรียงตามเกรด กลุ่มควบคุม (15 คน) จัดการเรียนรู้ตามแผน

จัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพียงอย่างเดียว กลุ่มทดลอง (15 คน) จัดการเรียนรู้ตามแผนจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานโดยมีพี่เลี้ยงเป็นผู้ช่วยให้คำชี้แนะและให้คำปรึกษาในการทำโครงงาน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีพัฒนาการทางการเรียนไม่แตกต่างกัน ซึ่งแผนจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานนี้ จัดทำขึ้นอย่างเป็นระบบ มีชุดประลองเพื่อให้ผู้เรียนออกแบบและควบคุมผลงานด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างอิสระ ขณะเดียวกันผู้เรียนจะต้องรวมกลุ่มเพื่อช่วยกันค้นหาข้อมูลและจำลองการทำงานก่อนเสมอ ซึ่งการปฏิบัติดังกล่าวจำเป็นต้องเชื่อมโยงกับภาคทฤษฎีแต่เมื่อมีการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทันทีหลังจากทำโครงงานเสร็จ ผู้เรียนจะต้องใช้เวลาในการเตรียมตัวนำเสนอโครงงานประกอบกับ ผลการดำเนินโครงงานก็จะต้องแล้วเสร็จเช่นกัน จึงส่งผลให้การเตรียมตัวเพื่อจะสอบทฤษฎีจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีเวลาน้อย ส่งผลให้ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีพัฒนาการทางการเรียนที่ไม่แตกต่างกัน

2. ผลการประเมิน ความก้าวหน้าทางการเรียน โดยใช้วิธี Average Normalized Gain ของกลุ่มทดลองที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยงอยู่ในระดับต่ำ ($\langle g \rangle = 0.279$ น้อยกว่า 0.3) อาจเป็นเพราะเนื้อหาวิชาระบบควบคุมแบบคลาสสิก มีเนื้อหาที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน ใช้สมการทางคณิตศาสตร์ขั้นสูงมาช่วยวิเคราะห์ ทำให้ผู้เรียนบางคนที่มีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์น้อยไม่สามารถทำแบบทดสอบที่มีสมการคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยากได้ ซึ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นเพียงแบบทดสอบที่วัดความรู้ภายในสมองของผู้เรียนเป็นสำคัญ หากเมื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าของกลุ่มควบคุม ($\langle g \rangle = 0.123$) กับกลุ่มทดลอง ($\langle g \rangle = 0.279$) ต่างก็มีความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งคู่แม้จะมีความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำเหมือนกัน แต่ค่า $\langle g \rangle$ ของกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่าอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสอดคล้องกับฟาริดา มาฮามัด (2552) ได้ทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม กับผู้เรียนที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาด้านทักษะ เช่นการต่อ

และการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมพลังงาน จะเห็นได้ว่าทั้งผู้เรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง สามารถออกแบบและต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมพลังงานได้อย่างสมบูรณ์ อาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งคือผู้เรียนมีลีลาการเรียนรู้ (Learning Style) ประเภทลงมือปฏิบัติ (Fleming and Mill, 1992 อ้างถึงใน กัญญารัตน์ อยู่ตะเพา, 2553) ที่ต้องอาศัยการปฏิบัติเพื่อช่วยในการเชื่อมโยงการเรียนรู้เข้ากับภาคทฤษฎี ดังนั้นหากให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ จึงมักจะเห็นความสำเร็จในการเรียนรู้ เช่นดังที่ผู้เรียนกลุ่มทดลองได้ลงมือปฏิบัติออกแบบและสร้างชุดควบคุมพลังงานด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จนประสบความสำเร็จตามเวลาที่กำหนด (2 สัปดาห์) จำนวน 4 กลุ่ม จากจำนวนผู้เรียนทั้งหมด 5 กลุ่ม ในขณะที่กลุ่มควบคุมประสบความสำเร็จตามเวลาที่กำหนดเพียง 2 กลุ่มจากจำนวนผู้เรียนทั้งหมด 5 กลุ่มและเมื่อขยายเวลาในการลงมือปฏิบัติเป็น 4 สัปดาห์พบว่าผู้เรียนทุกกลุ่มของกลุ่มทดลอง สามารถออกแบบและสร้างชุดควบคุมพลังงานด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พร้อมคู่มือการใช้งาน (Operation Manual) สำเร็จหมด จะเห็นวาระบบพี่เลี้ยงช่วยกระตุ้นและให้กำลังใจแก่ผู้เรียนในการทำงานได้ดีกว่า ผู้เรียนมีความมั่นใจ และมีเป้าหมายในการทำโครงงานอย่างชัดเจนเมื่อเกิดอุปสรรคในการเรียนรู้ พี่เลี้ยงร่วมมือกับผู้เรียนช่วยกันแก้ปัญหาและดำเนินกิจกรรมจนกระทั่งโครงงานบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ต้องการ ขณะเดียวกันหากใช้การวัดสมรรถนะของผู้เรียนมาช่วยประกอบในการประเมินผลการเรียนรู้ จะเห็นได้ชัดเจนว่าผู้เรียนมีสมรรถนะในการทำงานอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ

3. จากผลการเปรียบเทียบความคงทนของกลุ่มตัวอย่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยทำการวัดซ้ำหลังจากผ่านมาแล้ว 2 สัปดาห์ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ชุดเดิมที่สลับข้อและตัวเลือกตอบพบว่ามีความคงทนทางการเรียนไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นเพราะระหว่างการสอบทันทีหลังทำโครงงานแล้วเสร็จผู้เรียนมีเวลาทบทวนเนื้อหาบ่อยๆกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ระยะเวลามีส่วนช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสคิดทบทวนความรู้จากการทำโครงงานและเชื่อมโยงเข้ากับทฤษฎีได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ในระหว่างที่ดำเนินการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทันทีทันผู้เรียนจะต้องเตรียมตัวนำเสนอโครงงานที่แล้วเสร็จอีกด้วย ทำให้ผู้เรียนมีเวลาเตรียมตัวน้อย (จากการทดสอบนำร่องใช้แผนการจัดการ

เรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ใช้ระยะเวลาทำโครงงานก่อนนำเสนอ 6 สัปดาห์) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเวลาจะเป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่จะต้องให้ความสำคัญเนื่องจากหากเร่งรัดเวลาในการทำโครงงานมากเกินไปส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเครียดระหว่างและหลังการทำโครงงานทำให้ค่าคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีค่าเฉลี่ยน้อยไปซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Milan Kubiak and Ivana Vaculova (2011) ที่นำการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานไปใช้กับผู้เรียนระดับปริญญาตรีในรายวิชาสัมมนา พบว่าผู้เรียนสนใจทำโครงงานเฉพาะในช่วงโม่งเรียนเท่านั้นส่งผลให้การนำเสนอานมักมีข้อผิดพลาดโดยเฉพาะการเขียนผังกราฟิก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ K. Gavin (2011) ที่นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานไปใช้กับผู้เรียนระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมโยธา พบว่าปัญหาหลักคือการจัดสรรเวลาให้เหมาะสม ทั้งตัวผู้เรียนและผู้สอนเนื่องจากผู้เรียนจะต้องจัดสรรเวลาและเตรียมการนำเสนอความก้าวหน้าทุกเช้าวันศุกร์หรือขอคำปรึกษาจากผู้สอน (กรณีนี้ใช้ 3 คน) ซึ่งผู้สอนมีเวลารว้างให้คำปรึกษาทั้งวันเพียงแค่ 1 วันต่อสัปดาห์เท่านั้น ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับเวลาที่ใช้ในการทำโครงงานให้เหมาะสมกับเนื้อหาและระดับของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีเวลาในการคิดไตร่ตรองเชื่อมโยงความรู้จากการปฏิบัติเข้ากับทฤษฎีได้อย่างเหมาะสม

4. ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานในภาพรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.83$, S.D.=0.56) แต่เมื่อดูค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายข้อ พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพี่เลี้ยงนี้ พี่เลี้ยงมีส่วนช่วยให้การทำโครงงานสำเร็จตามเวลาที่กำหนด (2 สัปดาห์) ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจหลักทฤษฎีจากการทำโครงงาน เกิดทักษะการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ทักษะการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในกลุ่ม โดยพิจารณาจากระดับความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (พิจารณากรณีค่าเฉลี่ยมากกว่า 4.0 ขึ้นไป) ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ว่าจะเรียนอย่างไร (Learning How to Learn) และเมื่อผู้เรียนสำเร็จการศึกษาออกไปประกอบอาชีพ ทักษะเหล่านี้จะช่วยให้เขาสามารถเรียนรู้และปรับตัวเข้ากับสภาพงานได้เป็นอย่างดี ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม

จะช่วยให้การทำงานจริงประสบความสำเร็จ เพราะผู้เรียนได้เรียนรู้ที่จะทำงานด้วยกัน แบ่งงานกันทำ ตลอดจนมีการสื่อสารซึ่งกันและกัน อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ มัลลิกา ชุมทอง (2554), วรณัฐ อีสริยจงกล (2548), อรุมา พร้อมจะบก (2547) การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ช่วยส่งเสริมให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการทำงานกลุ่ม ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในระดับมากเช่นกัน เมื่อพิจารณาผลการประเมินพี่เลี้ยงโดยผู้เรียนพบว่าพี่เลี้ยงมีส่วนช่วยให้การทำโครงงานประสบความสำเร็จและเสร็จทันตามกำหนด ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะพี่เลี้ยงมีเทคนิคในการชี้แนะการปฏิบัติและมีเวลาเพียงพอในการชี้แนะ ทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจว่าจะสามารถทำโครงงานได้แล้วเสร็จตามกำหนด แต่หากพิจารณาในเรื่องของความรู้ของพี่เลี้ยง ผู้เรียนส่วนใหญ่เห็นว่าพี่เลี้ยงมีความรู้ทฤษฎีไม่มาก ดังนั้นผู้สอนจึงยังมีความสำคัญและมีความจำเป็นในการให้โมทัศน์ใหม่ที่เป็นทฤษฎี ซึ่งหากใช้การเรียนรู้โดยใช้ผู้สอนเป็นผู้ให้โมทัศน์ควบคู่กับพี่เลี้ยงที่ช่วยให้คำชี้แนะเทคนิคในงานปฏิบัติ จะส่งผลให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการเรียนรู้ทั้งด้านทฤษฎีและปฏิบัติ ส่งผลต่อทัศนคติในการทำโครงงาน มีเป้าหมายการสืบค้นข้อมูลที่เด่นชัด ลดเวลาที่เสียไปในการสืบค้นจากข้อมูลที่ไม่จำเป็น ด้วยการชี้แนะจากพี่เลี้ยงนั่นเอง

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้สอนจะต้องจัดเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ให้พร้อมก่อนการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานไปใช้ เช่น ห้องเรียนควรจัดโต๊ะให้เหมาะสมกับสภาพการเรียนรู้แบบกลุ่ม กล่าวคือควรเป็นโต๊ะที่จัดวางห่างๆกัน แต่ละโต๊ะให้ผู้เรียนจำนวน 3 คนนั่งล้อมรอบ รวมถึงระบบอินเตอร์เน็ตควรจัดให้แต่ละโต๊ะมีจุดเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตอย่างพอเพียง ปลั๊กไฟควรจัดเตรียมให้ครบทุกโต๊ะ ห้องเรียนควรเปิดให้ผู้เรียนได้เข้ามาใช้งานได้ตลอดทุกวันเป็นต้น
2. ผู้สอนควรจัดเตรียมแหล่งข้อมูล เช่น เอกสาร ตำรา เว็บไซต์ที่จำเป็น เพื่อลดขั้นตอนการค้นหาข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป จะช่วยให้ผู้เรียนลดระยะเวลาในการทำโครงงานได้อีก
3. กระบวนการคัดเลือกพี่เลี้ยง ควรคัดเลือกจากพี่เลี้ยงที่มีจิตอาสา และมีใจรักในการสอน ตลอดจนควรมี

เวลาให้ผู้เรียนได้มีโอกาสปรึกษาและตอบข้อสงสัย รวมถึงเข้าใจหลักและเทคนิคในการให้คำปรึกษาและเทคนิคในการลงมือปฏิบัติ ระหว่างการทำโครงการ

4. ชุดประลองที่ใช้ประกอบการทำโครงการ ควรออกแบบให้เป็นระบบที่ผู้เรียนจะต้องสร้างหรือประกอบขึ้นด้วยตนเองได้ทุกชิ้นด้วยเวลาอันรวดเร็ว

5. โปรแกรมที่ใช้จำลองการทำงานควรเลือกใช้โปรแกรมที่เป็น Open Source เพื่อป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์

6. ควรต่อยอดโดยใช้ตัวควบคุมเป็นระบบดิจิทัล ด้วยการใส่ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System)

7. หากจะนำรูปแบบการเรียนรู้ในการวิจัยครั้งนี้ไปใช้กับวิชาอื่น ควรเลือกอุปกรณ์ในการทำโครงการให้เหมาะสมกับท้องถิ่น เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักบูรณาการความรู้และวัสดุในท้องถิ่นใกล้ตัวให้มากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัยบางส่วนในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กัญญารัตน์ อุตะภา และมนต์ชัย เทียนทอง. (2553). *กรอบแนวคิดการสังเคราะห์โมเดลการเรียนรู้ตามลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนในรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบเพื่อนคู่คิด*. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7. 7-8 ธันวาคม 2553.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2550). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : บริษัท ไทเนรมิตกิจอินเตอร์ โปรดักส์ จำกัด.
- ชูศรี วงศ์รัตน์ และองอาจ นัยพัฒน์. (2551). *แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองและสถิติวิเคราะห์ : แนวคิดพื้นฐานและวิธีการ*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญเลี้ยง ทุมทอง. (2556). *ทฤษฎีและการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เอสพรินติ้ง ไทย แพลคเตอร์.
- ประทุม อังกูโรหิต. (2556). *ปรัชญาปฏิบัตินิยม :รากฐานปรัชญาการศึกษาในสังคมประชาธิปไตย*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์นธ์ เดชะคุปต์ และ เพียว ยินดีสุข. (2555). *คู่มือปฏิบัติการเพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้สู่ห้องเรียนแห่งคุณภาพ*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พาริดา มาฮามัด. (2552). *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์.
- มัลลิกา ชุมทอง. (2554). *การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนแบบโครงงานศึกษาโดยใช้การเรียนรู้แบบผสมผสานวิชาการสร้างงานกราฟิกด้วยโปรแกรม Illustrator สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (ครุศาสตร์เทคโนโลยี). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- มนต์ชัย เทียนทอง. (2551). *เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบ Mentor Coached Think-pair-share เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนรู้ออนไลน์*. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2551.
- วรณัฐ อีสริยงกล. (2548). *การพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์เรื่องการดำรงชีวิตของพืชชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. การค้นคว้าอิสระปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (หลักสูตรและการสอน). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สำนักงานสภาการศึกษา. (2554). *ยุทธศาสตร์การผลิตและพัฒนากำลังคนของประเทศในช่วงการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง พ.ศ. 2552-2561*. กรุงเทพฯ : บริษัทพริกหวานกราฟิกจำกัด.

- สิริอร วิชาวุธ. (2554). *จิตวิทยาการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ : บริษัทพิมพ์ดี จำกัด.
- สุรกันต์ จักรหาร. (2553). *การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมอาจารย์พี่เลี้ยงนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู. ปรินญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมดุสิตบัณฑิต (วิจัยและพัฒนาหลักสูตร). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.*
- รุ่งทิวา เสาร์สิงห์. (2554). *การพัฒนารูปแบบกระบวนการพี่เลี้ยงออนไลน์ สำหรับการเรียนแบบอีเลิร์นนิ่ง. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.*
- ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- อรอุมา พร้อมจะบก. (2547). *ผลการใช้แบบฝึกกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ในการสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์กับคุณภาพชีวิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.*
- Driver P. and Bell R. (1986). *Students' Thinking and the Learning of Science : A Constructivist View*. School Science Review, March, 1986.
- Gao-Wei Chang, Zong-Mu Yeh, Shih-Yao Pan, Chia-Cheng Liao and Hsiu-Ming Chang (2008). *A Progressive Design Approach to Enhance Project-Based Learning in Applied Electronics Through on Optoelectronics Sensing Project*. IEEE Transactions on Education. Volume 51 Issue 2, May 2008.
- Jeffrey L. Newcomer. (1998). *A Design Project Based Approach to Teaching Automatic Control Theory to Mechanical Engineers*. IEEE Frontiers in Education Conference, 28th Annual, 4-7 November 1998.
- Ken Gavin. (2011). *Case Study of a Project-based Learning Course in Civil Engineering Design*. European Journal of Engineering Education. Volume 36, No.6 : 547-558. December 2011.
- Milan Kubiatko and Ivana Vaculova. (2011). *Project-based Learning: Characteristic and The Experiences with Application in the Science Subject*. Energy Education Science and Technology Part B: Social and Education Studies. Volume 3 Issue 1: 65-74.
- Norman S. Nise. (2011). *Control System Engineering*. 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- Richard R. Hake. (1998). *Interactive-engagement versus Tradition Methods: A Six-thousand Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses*. American Association of Physics Teachers. Volume 66, Issue 1.