

รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม
เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

นางสาววรรณวิศา วัฒนสินธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยีและสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นางสาววรรณวิศา วัฒนสินธุ์
ชื่อวิทยานิพนธ์ : รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการ
เสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรม
และนวัตกรรม
สาขาวิชา : เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินันทา ฉัตรวัฒนา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร.พัลลภ พิริยะสรวงศ์
ปีการศึกษา : 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (2) พัฒนาระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (3) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม และ (4) รับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม จากผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีปีที่ 2 สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 30 คน สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติค่าที

ผลการวิจัยพบว่า

1. รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ดังนี้ 1. กำหนดปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนย่อย คือ (1) วัตถุประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน (2) วิเคราะห์ผู้เรียน (3) วิเคราะห์ผู้สอน (4) เนื้อหา และ (5) ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม 2. กระบวนการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (1) การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทาง (2) การกำหนดโครงงาน (3) การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม (4) การดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม และ (5) การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม 3. ประเมินผลผลิตประกอบด้วย (1) ประเมินผลด้านทักษะวิศวกรรม และ (2) ประเมินผลด้านนวัตกรรม (3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4. ป้อนกลับผลผลิต

ประกอบด้วย ผลการวัดทักษะวิศวกรรม และผลการวัดนวัตกรรม สำหรับการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ ประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด 9 ท่าน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ท่าน ทางการศึกษา ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร และทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.39$, S.D.= 0.58)

2. ผลการประเมินคุณภาพของระบบการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.48) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.57$, S.D. = 0.46)

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะวิศวกรรมอยู่ในระดับมาก และผลการประเมินทักษะสูงกว่าเกณฑ์ ที่กำหนดร้อยละ 80 ผลการประเมินนวัตกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลงานมีคุณภาพการอยู่ในระดับมาก

4. ผลการประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม พบว่า ผลการประเมินผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

(วิทยานิพนธ์มีทั้งสิ้น 248 หน้า)

คำสำคัญ : รูปแบบการเรียนรู้ การเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรม

ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Name : Miss Wanwisa Wattanasin
Thesis Title : Engineering Project-Based Learning Model using Virtual Laboratory Mix Reality to Enhance Engineering and Innovation Skills
Major Field : Information and Communication Technology for Education
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Thesis Advisor : Assistant Professor Dr.Pinanta Chatwattana
Co-Advisor : Associate Professor Dr.Pallop Piriyasurawong
Academic Year : 2020

Abstract

The purposes of the research study were to (1) Develop the Engineering Project-Based Learning Model using Virtual Laboratory Mix Reality to Enhance Engineering and Innovation Skills (2) Develop Engineering Project- Based Learning Model using Virtual Laboratory Mix Reality to Enhance Engineering and Innovation Skills (3) Study the result of using the Engineering Project-Based Learning Model using Virtual Laboratory Mix Reality to Enhance Engineering and Innovation Skills (4) Approve the Engineering Project- Based Learning Model using Virtual Laboratory Mix Reality to Enhance Engineering and Innovation Skills. The sample group for this research is the 2nd year undergraduate students in the Information and Communication Engineering program, faculty of Engineering and Industry Technology at Phetchaburi Rajabhat University. The data were analyzed using percentage, mean, standard deviation and t-test dependent.

The result of research found that: 1. The Engineering Project-Based Learning Model using Virtual Laboratory Mix Reality to Enhance Engineering and Innovation Skills has 4 main components: 1. Input which consists of 5 steps : (1) Lesson objectives (2) learner analysis (3) teacher analysis (4) content and (5) augmented reality lab. 2. Engineering Project-Based Learning Model using Virtual Laboratory Mix Reality which also consists of 5 steps : (1) analysis and engineering problem identification (2) project specification (3) engineering design and problem solution, (4) engineering problem solution, and (5) development and control of systems as appropriate. 3. product assessment: consists of (1) engineering skills assessment (2) innovation skills assessment and (3) learning achievement. 4. feedback of product: consists of

engineering and innovation skills assessment results. The evaluation of Engineering Project-Based Learning Model used in-depth interviews consisting of 9 experts, divided into 3 groups, 3 education experts, 3 electrical communication engineering experts and 3 information technology and communication experts. The results of the suitability evaluation were at the high level ($\bar{X} = 4.39$, S.D.= 0.58) 2. The results of quality evaluation in the Engineering Project-Based Learning Model divided into 2 groups, The results of the content evaluation were at the highest level ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.48). The results of the media production evaluation were at the highest level ($\bar{X} = 4.72$, S.D. = 0.46). 3. The comparisons of average score in terms of achievement among students before and after using the Engineering Project-Based Learning were that achievement of students after using the developed system had higher average score than before, with statistical significance by 0.05 level. After learning with the Engineering Project-Based Learning Model, the result of the engineering skills was significantly higher than 80 percent. The results of the innovation evaluation were at the high level. 4. The results of the Engineering Project-Based Learning approval by experts were appropriateness at the highest level

(Total 248 pages)

Keywords : Learning Process, Engineering Project-Based Learning, Virtual Laboratory
Mix Reality, Engineering and Innovation Skills

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้เนื่องด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินันtha ฉัตรวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. พัลลภ พิริยะสุรวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้เสนอแนะแนวทางการวิจัยและสอนให้วิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ขณะทำวิจัยด้วยมุมมองที่แตกต่างเพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนช่วยตรวจสอบความถูกต้องและแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาและขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ด้วยความเคารพอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ์ อัครเอกคณาณิน ที่ให้ความเมตตาและกรุณาให้เกียรติเป็นประธานสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อติคม ฤกษ์บุตร คณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำที่มีคุณค่าต่อการปรับปรุงงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข และรองศาสตราจารย์ ดร.ปณิดา วรรณพิรุณ ที่สละเวลาให้คำแนะนำข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ด้วยความปรารถนาดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญดังรายนามในภาคผนวก ก ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินเครื่องมืองานวิจัย ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ซึ่งทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ ห้องปฏิบัติการ และอำนวยความสะดวกให้กับข้าพเจ้าในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้มอบทุนประเภททุนพัฒนาบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2563 ทำให้การศึกษาในระดับปริญญาเอกสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประสพชัย-อาจารย์ราวิทย์ วัฒนสินธุ์ ผู้อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จ คุณประโยชน์ใด ๆ อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ และสถาบันการศึกษาที่ได้รับประสิทธิ์ประสาทวิชา มีส่วนในการวางรากฐานการศึกษาอบรมให้การสนับสนุนผู้วิจัยตลอดมา

วรรณวิศา วัฒนสินธุ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตการวิจัย	5
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
1.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้	11
2.2 การเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม	14
2.3 ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม	32
2.4 ทักษะวิศวกรรม	51
2.5 นวัตกรรม	60
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	62
2.7 สรุปเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	70
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	71
3.1 ระยะที่ 1 พัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model)	71
3.2 ระยะที่ 2 พัฒนาระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	77
3.3 ระยะที่ 3 ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	92

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 ระยะที่ 4 ประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	98
บทที่ 4 ผลการวิจัย	100
4.1 ผลการพัฒนาการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการ เสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	100
4.2 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการ เสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	111
4.3 ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการ เสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	122
4.4 ผลประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรม และนวัตกรรม	126
บทที่ 5 รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL MODEL)	131
5.1 ความเป็นมาและความสำคัญของรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรม โดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรม และนวัตกรรม	131
5.2 รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	132
5.3 ระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	138
5.4 การนำรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการ เสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมไปใช้	143
บทที่ 6 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	155
6.1 สรุปผลการวิจัย	155
6.2 อภิปรายผล	159
6.3 ข้อเสนอแนะ	163
บรรณานุกรม	165

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
ภาคผนวก ก	รายนามผู้เชี่ยวชาญและหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ	175
	รายนามผู้เชี่ยวชาญขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้	
	โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม	
	เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	176
	รายนามผู้เชี่ยวชาญขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินดัชนีความสอดคล้อง	
	ระหว่างข้อคำถาม และวัตถุประสงค์ของเครื่องมือวิจัย	178
	รายนามผู้เชี่ยวชาญขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพห้องปฏิบัติการเสมือน	
	ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	179
	รายนามผู้ทรงคุณวุฒิขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิประเมินรับรองรูปแบบการเรียนรู้	
	โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม	
	เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	180
ภาคผนวก ข	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	185
	แบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน	
	ผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	186
	แบบประเมินทักษะวิศวกรรม	192
	แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินทักษะวิศวกรรม	196
	แบบประเมินนวัตกรรม	198
	แบบบันทึกการประเมินนวัตกรรมรายกลุ่ม	199
	แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินนวัตกรรม	200
	แบบประเมินด้านเนื้อหา ระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้	
	ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรม	
	และนวัตกรรม (สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา)	201
	แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรม	
	โดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรม	
	และนวัตกรรม (สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)	205
	แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินด้านเนื้อหา	
	ระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน	
	ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	208

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ	
ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน	
ผลสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	211
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน	214
ภาคผนวก ค	225
ภาพตัวอย่างผลงานห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผลสมความจริงเสริม	226
ภาคผนวก ง	233
ภาพการจัดกระบวนการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน	
ผลสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	234
ภาคผนวก จ	237
ภาพตัวอย่างชิ้นงานนักศึกษาที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้	
โครงงานเชิงวิศวกรรม โดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผลสมความจริงเสริม	
เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	238
ภาคผนวก ฉ บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	241
ประวัติผู้วิจัย	247

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 การสังเคราะห์กระบวนการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน	23
2-2 ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรม	26
2-3 การสังเคราะห์กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม	32
3-1 แผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design	93
3-2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	95
4-1 ผลการสังเคราะห์กระบวนการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาขึ้น	101
4-2 ผลการสังเคราะห์ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม	102
4-3 ผลการสังเคราะห์ทักษะวิศวกรรม	104
4-4 ผลการสังเคราะห์นวัตกรรม	105
4-5 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมในภาพรวม	107
4-6 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ	108
4-7 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ	109
4-8 ผลการประเมินความเหมาะสมของการนำรูปแบบไปใช้งานของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ	110
4-9 ผลการประเมินคุณภาพของระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา	117
4-10 ผลการประเมินคุณภาพของระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อ	120

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-11 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	122
4-12 ผลการประเมินทักษะวิศวกรรมรายบุคคล	123
4-13 ผลการประเมินนวัตกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้โครงงาน เชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนา ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	125
4-14 ผลการประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ในภาพรวม	126
4-15 ผลการประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ด้านรายละเอียดของรูปแบบ	127
4-16 ผลการประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ด้านองค์ประกอบของรูปแบบ	128
4-17 ผลการประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้	130
5-1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ชั้นที่ 1 การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ในทางวิศวกรรม	144
5-2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ชั้นที่ 2 การกำหนดโครงงาน	146
5-3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ชั้นที่ 3 การออกแบบและการแก้ไขปัญหา ทางวิศวกรรม	148
5-4 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ชั้นที่ 4 การดำเนินการแก้ไขปัญหา ทางวิศวกรรม	150
5-5 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ชั้นที่ 5 การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม	153

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก-1 รายงานผู้เชี่ยวชาญการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	176
ก-2 รายงานผู้เชี่ยวชาญประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ ของเครื่องมือวิจัย	178
ก-3 รายงานผู้เชี่ยวชาญขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพห้องปฏิบัติการเสมือน ผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	179
ก-4 รายงานห้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรม โดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรม และนวัตกรรม	180

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย	9
2-1 โมเดลจักรยานแห่งการเรียนรู้แบบ PBL	15
2-2 องค์ประกอบของการออกแบบโครงการ	17
2-3 กระบวนการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน	18
2-4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	25
2-5 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	26
2-6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	29
2-7 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	30
2-8 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	31
2-9 ห้องทดลองเสมือนจริงเรื่องกฎของโอห์ม	34
2-10 Milgram's Augmented Reality Continuum	42
2-11 กระบวนการทำงานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม	45
2-12 โปรแกรม Edison	50
2-13 กรอบแนวคิดของการเรียนการสอนทางวิศวกรรมแบบ CDIO	53
2-14 ทักษะวิศวกรรม	54
3-1 ขั้นตอนการพัฒนาแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการ เสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	73
3-2 ขั้นตอนการพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการ เสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	78
3-3 ขั้นตอนการแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	83
3-4 ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการ	94
4-1 รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model)	106
4-2 ตัวอย่างห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม	112
4-3 ตัวอย่างโปรแกรมจำลองการทำงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์	112
4-4 ภาพอิมเมจทาร์เก็ต	113
4-5 ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-6 ตัวอย่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	114
4-7 ตัวอย่างรายงานการทดลอง	115
4-8 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้	115
4-9 ตัวอย่างแบบประเมินทักษะวิศวกรรม	116
4-10 ตัวอย่างประเมินนวัตกรรม	116
5-1 รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน ผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model)	133
5-2 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลของห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เมื่อใช้กับแว่นตาดีจิทัล	139
5-3 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลกระบวนการการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ในทางวิศวกรรม	139
5-4 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลกระบวนการกำหนดโครงงาน	140
5-5 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลกระบวนการออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม	140
5-6 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลกระบวนการดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม	140
5-7 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลกระบวนการพัฒนา และควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม	141
5-8 ตัวอย่างโปรแกรมจำลองการทำงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์	141
5-9 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลการส่งรายงานการทดลองของนักศึกษา	142
5-10 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลการส่งชิ้นงานของนักศึกษา	142
ค-1 ภาพตัวอย่างผลงานห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม	226
ค-2 ภาพอิมเมจอาร์กิต	228
ค-3 ภาพจำลองห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม	230
ง-1 การจัดกระบวนการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม	234
จ-1 โครงงานวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ถึงขยะอัจฉริยะ (ก) แบบจำลองถึงขยะอัจฉริยะ (ข) ชิ้นงานถึงขยะอัจฉริยะ	238
จ-2 โครงงานวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ตลับเมตรไร้สาย (ก) แบบจำลองตลับเมตรไร้สาย (ข) ชิ้นงานตลับเมตรไร้สาย	239

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
จ-3	โครงการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ แบบจำลองโรงจอดรถอัจฉริยะ	240
จ-4	โครงการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องแจ้งเตือนน้ำล้น	240
ฉ-1	การตอบรับการนำเสนองานวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ	242
ฉ-2	การตีพิมพ์ใน Springer	242
ฉ-3	การเข้าร่วมประชุมวิชาการในระดับนานาชาติ	243
ฉ-4	การนำเสนองานวิจัยในประชุมวิชาการในระดับนานาชาติ	244
ฉ-5	ประกาศนียบัตรการนำเสนองานวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ	245

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยได้ปฏิรูปการศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพทางเศรษฐกิจและสังคม ดังได้ระบุไว้ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 นั้น ได้กำหนดไว้ในหมวด 4 แนวการจัดการศึกษามาตรา 22 ว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียน มีความสำคัญที่สุดกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ โดยยึดผู้เรียนเป็นตัวตั้งและต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและประโยชน์สูงสุดที่ผู้เรียนจะได้รับ โดยต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างตื่นตัวและได้ใช้กระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ อันจะนำไปสู่การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงได้ด้วยตัวเอง” (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545)

เมื่อนำพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติดังกล่าวไว้ข้างต้นมาสรุปเป็นประเด็นสำคัญได้ ดังนี้ (1) การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง (2) ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารเป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและติดต่อกับสังคมโลกโดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เช่น ใช้ซอฟต์แวร์เป็นเครื่องมือไปสู่เป้าหมาย การเรียนรู้ใช้อินเตอร์เน็ตในการแลกเปลี่ยนข้อมูล ใช้สร้างโมเดลหรือสถานการณ์สมมติเพื่อสนับสนุนการวิจัย (3) ให้ความสำคัญกับการสืบค้นและเรียนรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น ภูมิปัญญาไทย (4) เปลี่ยนบทบาทผู้เรียนจากการเป็นผู้รับความรู้เป็นผู้ที่รับผิดชอบการเรียนรู้ด้วยตนเอง ด้วยความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) มีความคิดริเริ่ม (Initiative) และเรียนรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น (5) การเปลี่ยนบทบาทของครูผู้สอนให้เป็นผู้สนับสนุน (Facilitator) ในการวางแผนและจัดระเบียบการเรียนรู้แนะแนว (Guide) ให้คำปรึกษา และนำเสนอทิศทาง มีจิตใจที่เปิดกว้าง (Open Mind) เรียนรู้ไปพร้อมกับผู้เรียน สนับสนุนความรู้ความเข้าใจด้วยการให้คำแนะนำให้การสนับสนุนท้าทายให้สร้างสรรค์ ส่งเสริมการคิดอย่าง อิสระ (วรัญญา, 2549)

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ด้าน ทฤษฎีควบคู่ไปกับด้านการปฏิบัติจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมียุทธศาสตร์แบบการจัดการศึกษาที่มี ประสิทธิภาพและแตกต่างไปจากสาขาวิชาอื่น ๆ เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนให้เต็มศักยภาพ และสอดคล้องกับเจตนารมณ์ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ โดยคำนึงถึงความแตกต่าง ระหว่างบุคคล ส่งเสริมด้านทักษะและกระบวนการคิดเน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์และการฝึก

ปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนคิดเป็นทำเป็น และแก้ปัญหาได้ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นทั้งนี้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนมีแนวโน้มที่จะผนวกการสอนเชิงทฤษฎีแบบผสมผสานมุ่งเน้นการทดลองในเชิงปฏิบัติ โดยการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาจำลองผลในการทำงานซึ่งสามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการหรือทฤษฎีที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดว่า เป็นเครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนสาขาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมและสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้มีโอกาสเรียนรู้ทฤษฎี ทดสอบแนวคิดพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ตลอดจนมีการทำงานวิจัยเชิงลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีประกอบกับความสามารถของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในปัจจุบัน จึงสามารถพัฒนาให้มีการสร้างสถานการณ์จำลองได้ ซึ่งเรียกว่า ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง (Virtual Laboratory) โดยอาศัยคุณสมบัติที่มีศักยภาพของเทคโนโลยีเว็บ ซึ่งห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจะถูกสร้างขึ้น เพื่อใช้ในการเรียนการสอนแบบออนไลน์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเข้ามาใช้ห้องปฏิบัติการได้โดยไม่มีข้อจำกัดทางด้านเวลาและสถานที่ อีกทั้งยังสามารถปฏิบัติเข้าไปมาที่รอบก็ได้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่จะฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง นอกจากนี้ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์เข้าห้องปฏิบัติการ หรือค่าใช้จ่ายในส่วนที่ต้องซ่อมแซมอุปกรณ์ที่มีอยู่ตลอดจนห้องปฏิบัติการเสมือนจริงไม่จำเป็นต้องมีผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการเหมือนกับห้องปฏิบัติการจริง อีกทั้งยังมีความสามารถรองรับผู้เรียนได้เป็นจำนวนมาก โดยผู้สอนได้ยอมรับถึงสภาพแวดล้อมที่เป็นเสมือนจริงมีข้อดีหลายอย่าง เช่น นอกจากจะสามารถมีลักษณะทางกายภาพได้คล้ายกับสภาพจริงแล้ว ยังให้ผู้เรียนมีโอกาสที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งที่นำเสนอได้อีกด้วย ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นสิ่งที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกริอยากจะเรียนรู้ และเกิดความสนใจที่จะปฏิบัติการทดลอง และสภาพแวดล้อมเช่นนี้จะช่วยสนับสนุนการเรียนแบบการเรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by Doing) ได้เป็นอย่างดี (คันสนีย์, 2551) โดยผู้เรียนจะใช้เวลาในการเรียนลดลง นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดความเสี่ยงจากการได้รับอันตราย หรือสิ่งที่ยุงยากที่ผู้เรียนอาจจะประสบในการปฏิบัติทำการทดลองในห้องปฏิบัติการจริงได้อีกด้วย และมีนวัตกรรมการศึกษาที่น่าสนใจและเป็นที่ยอมรับในขณะนี้คือ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งเป็นการผสมโลกของความจริง (Real World) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual World) โดยใช้วิธีซ้อนภาพสามมิติที่อยู่ในโลกเสมือน ไปอยู่บนภาพที่เห็นจริง ๆ ในโลกของความเป็นจริงจะแสดงผลผ่านแท็บเล็ต สมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เมื่อนำเอาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาใช้งานร่วมกับห้องปฏิบัติการเสมือนจริง จึงได้เป็นห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม

วิธีการเรียนการสอนที่ถูกพูดถึงบ่อยครั้งและมีการนำไปทดลองใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือการเรียนแบบโครงงานหรือการเรียนโดยโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เป็นการจัดการเรียน การสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ด้วยตนเองตามความ

สนใจ ฝึกการวางแผนการดำเนินงานที่เป็นระบบ การลงมือปฏิบัติตามแผนและการสรุปผลการเรียนรู้ด้วยตนเองส่งเสริม ให้ผู้เรียนสามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และมีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน วางแผน จัดสภาพแวดล้อมที่ดีในการเรียนรู้ ผู้เรียนมีโอกาสดำเนินการ ทักษะความรู้ และความสามารถในการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ทำงานเป็นทีม การค้นคว้าหาข้อมูล ตลอดจนการจัดกระทำข้อมูลเพื่อใช้ในการนำเสนอ นักเรียนจะมีบทบาทเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ เพราะได้คิด ได้ทำ ได้แก้ปัญหา ได้ตัดสินใจ ครูจะมีบทบาทเป็นผู้ให้คำแนะนำช่วยเหลือ พร้อมกับเรียนรู้ร่วมกันไปกับผู้เรียน บรรยากาศการเรียนรู้จึงเป็นการเรียนรู้ร่วมกันโดยแท้จริง เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น การเรียนรู้แบบโครงการจะเน้นไปที่การลงมือปฏิบัติ การเรียนแบบโครงการเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติตามความสนใจของผู้เรียนเอง เพื่อค้นพบสิ่งใหม่หรือความรู้ใหม่ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นผู้เรียนให้เรียนรู้ด้วยตนเอง มีความคิดสร้างสรรค์ และสร้างนวัตกรรมได้ (วัชร และคณะ, 2560)

สาขาวิศวกรรมศาสตร์เป็นสาขาวิชาที่เกี่ยวกับการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ มีหลายสาขาย่อยทำให้เกิดความหลากหลายในด้านองค์ความรู้และสาขาวิชาชีพ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้พื้นฐานความรู้ของสาขาวิศวกรรมศาสตร์ประกอบด้วยความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์พื้นฐาน และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เพื่อนำไปสู่การต่อยอดองค์ความรู้ด้วยศาสตร์และ เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ ในปัจจุบันการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมศาสตร์พบปัญหาในการเรียนการสอน ผู้สอนส่วนใหญ่ยังยึดผู้สอนเป็นสำคัญ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนน้อย ทำให้นักศึกษาขาดความมุ่งมั่นในการเรียน ขาดการคิดวิเคราะห์ และเชื่อมโยงองค์ความรู้อย่างต่อเนื่องในรายวิชาอื่น ๆ ต่อไป จากสภาพการจัดการเรียนการสอนที่ไม่เอื้อให้นักศึกษาคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น การเรียนการสอนมุ่งเน้นการท่องจำมากกว่าเน้นให้ผู้เรียนได้คิด ได้ลงมือปฏิบัติกระทำเอง ขาดการแสวงหาความรู้ เพราะการศึกษามุ่งเน้นการฟังบรรยายภายใต้กรอบอันจำกัดของห้องเรียนทำให้เป็นตัวขัดขวางการพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้ ขาดทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และยังขาดการจัดสภาพแวดล้อมให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อนอันจะนำมาซึ่งกระบวนการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสัมพันธภาพของผู้เรียน ที่จะทำให้ผู้เรียนรู้จักพึ่งพาอาศัยแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับบุคคลอื่น การเรียนการสอนในยุคใหม่นี้จึงต้องเปลี่ยนแปลงไป มีสภาพแวดล้อมเอื้อต่อการเรียนรู้อย่างไม่มีขีดจำกัด วิธีการเรียนการสอนเปลี่ยนไปเป็นรูปแบบที่ส่งเสริมทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มากขึ้น ซึ่งการสอนแบบเดิมไม่สามารถทำให้ผู้เรียน ๆ เกิดทักษะเหล่านี้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว และตอบสนอง พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545 ยังสอดคล้องกับ ทิศทางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ในยุทธศาสตร์ที่ 3 ยุทธศาสตร์ด้านการ พัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคน ทักษะในศตวรรษที่ 21

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.2.3.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน โดยรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.2.3.2 เพื่อศึกษาผลการประเมินทักษะวิศวกรรม หลังเรียนด้วยระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.2.3.3 เพื่อศึกษาผลการประเมินนวัตกรรม หลังเรียนด้วยระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.2.4 เพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมจากผู้ทรงคุณวุฒิ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ที่พัฒนาขึ้นมาผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมีผลการประเมินเหมาะสมมาก

1.3.2 ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นมา นั้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก

1.3.3 ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.3.3.1 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3.3.2 ผลการประเมินทักษะวิศวกรรม หลังเรียน ด้วยระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีผลการประเมินทักษะสูงกว่าเกณฑ์ ที่กำหนดร้อยละ 80

1.3.3.3 ผลการประเมินนวัตกรรม หลังเรียน ด้วยระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีผลการประเมินความเป็นนวัตกรรมในระดับมาก

1.3.4 ผลการรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผ่านการรับรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในระดับเหมาะสมมาก

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาในรายวิชา ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

1.4.2 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร ปีการศึกษา 2562 คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 30 คน

1.4.3 กลุ่มหาประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสารเป็นนักศึกษา ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร หลักสูตร 4 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 30 คน

1.4.4 กลุ่มตัวอย่างครั้งนี้เป็นนักศึกษา ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร หลักสูตร 4 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) จำนวน 30 คน เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.4.5 ตัวแปรที่ใช้ศึกษา

1.4.5.1 ตัวแปรต้นคือ รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.4.5.2 ตัวแปรตามคือ

1.4.5.2.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นมีผลการประเมินจาก ผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก

1.4.5.2.2 ผลการประเมินคุณภาพของระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นมีผลการประเมินจาก ผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก

1.4.5.2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.4.5.2.4 ผลการประเมินทักษะวิศวกรรม ของนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.4.5.2.5 ผลการประเมินนวัตกรรม ของนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.4.5.2.6 ผลการรับรองรูปแบบโครงการเชิงวิศวกรรมผ่านห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมจากผู้ทรงคุณวุฒิ

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การเรียนรู้แบบโครงการเชิงวิศวกรรม หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้วิจัย ได้ออกแบบให้นักศึกษา ได้เรียนรู้โดยการสร้างประสบการณ์ตรงของนักศึกษา มีขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบเพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่ ๆ เพื่อให้สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สามารถคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรมได้ สามารถออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมได้ สามารถดำเนินการประยุกต์ หรือ แก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมให้สำเร็จลุล่วงได้ และสามารถพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม และยังส่งผลต่อนักศึกษาในด้านการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1.5.2 ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม หมายถึง เทคโนโลยีที่พัฒนาโดยคอมพิวเตอร์ เพื่อจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงขึ้น สามารถใช้งานผ่านแอปพลิเคชันร่วมกับสมาร์ทโฟน และนำ

สมาร์ทโฟนไปใช้กับแว่นตาดิจิทัลเพื่อเข้าถึงเนื้อหาเกี่ยวกับพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ การใช้งานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า การทำโครงงาน เป็นต้น ร่วมกับการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติการเสมือนกับได้ลงมือปฏิบัติกับเครื่องมือที่ใช้ทดลองจริง และใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่ออธิบายวิธีการใช้งานเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ เช่น การใช้งานมัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์

1.5.3 1.5.3 ทักษะวิศวกรรม หมายถึง ทักษะด้านการคิด การออกแบบ การสร้างดำเนินการ และการควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.4 นวัตกรรม หมายถึง ชิ้นงานของนักศึกษาที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมผ่านห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม รวมถึงความคิดใหม่ เทคนิควิธีการใหม่ ทางด้านวิศวกรรม เพื่อนำไปสู่การพัฒนา นวัตกรรมให้ประสบผลสำเร็จ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถนำรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ไปใช้พัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมได้

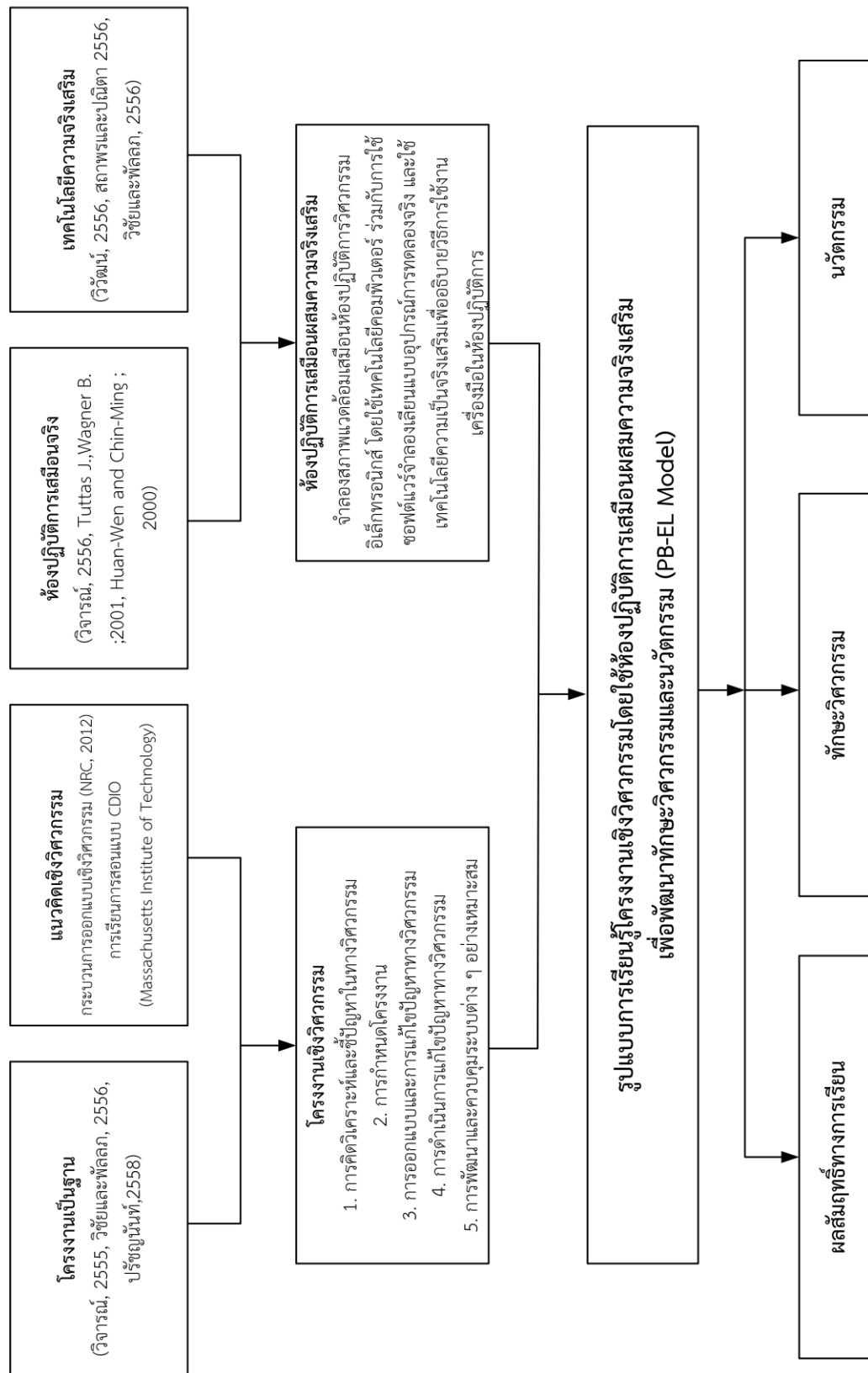
1.6.2 เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมใน รายวิชาอื่น ๆ ที่มีลักษณะการเรียนรู้คล้าย ๆ กัน

1.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษากรอบแนวคิดตามขั้นตอนของทิสนา แคมมณี ได้ดังนี้ 1) กำหนดวัตถุประสงค์ 2) ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) เลือกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ 4) นำข้อมูลที่เลือกมาเป็นฐานในการทำกรอบแนวคิด 5) สร้างสิ่งใหม่ตามวัตถุประสงค์โดยอาศัยกรอบแนวคิด 6) นำเสนอสิ่งใหม่ ซึ่งผู้วิจัยได้นำขั้นตอนที่ 1-4 มาดำเนินการสร้างกรอบแนวคิดงานวิจัย ส่วนขั้นตอน 5 และ 6 เป็นขั้นตอนต่อยอดไปสู่รูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งอยู่ในกระบวนการวิจัย ผู้วิจัยนำมาสังเคราะห์ โดยนำมาสร้างเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยเรื่อง รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

จากกรอบแนวคิด จะประกอบด้วยรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นแนวคิดในการออกแบบของผู้วิจัยคือ ต้องการให้การเรียนรู้เป็นลักษณะลงมือปฏิบัติผ่านห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม เพื่อให้ผู้เรียนได้ทักษะทางความคิดจากการทดลองของตนเอง ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ หรือ เรียนจนได้รู้ ได้คิด ได้ทบทวน จนได้ความชำนาญ จนเกิดเป็นทักษะ ซึ่งวิธีการเรียนรู้ดังกล่าวจะใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ทางวิศวกรรมศาสตร์ มีการวัดผลประเมินผล อยู่ 2 ลักษณะ คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้จาก

คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และคะแนนผลการประเมินทักษะวิศวกรรม และความ
เป็นนวัตกรรม ได้จากแบบประเมินทักษะการที่ผู้วิจัยต้องไปออกแบบและพัฒนาแบบประเมินจน
สามารถใช้ได้จริง ซึ่งแนวคิดทั้งหมดนี้มุ่งไปเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้
ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model) ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมานำเสนอดังนี้

- 2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้
- 2.2 การเรียนรู้แบบโครงการเชิงวิศวกรรม
 - 2.2.1 การเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-Based Learning)
 - 2.2.2 แนวคิดเชิงวิศวกรรม
- 2.3 ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม
 - 2.3.1 ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง (Virtual Lab)
 - 2.3.2 เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR)
- 2.4 ทักษะวิศวกรรม
- 2.5 นวัตกรรม
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2.7 สรุปเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนรู้ เป็นแบบแผนในการลำดับขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ โดยรูปแบบการเรียนรู้ไม่สามารถสอนได้ ถ้าขาดองค์ประกอบของรูปแบบ ในงานวิจัยนี้จะใช้ระบบการเรียนรู้รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ถือว่าเป็นเครื่องมือ ในการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

2.1.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนรู้

ชัยวิชิต (2560) กล่าวว่า คำว่ารูปแบบหรือ Model คำเดียวนักการศึกษาได้แปลไว้หลากหลายตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น เช่น โมเดล รูปแบบ แบบจำลอง ตัวแบบ ซึ่งทุกคำเหล่านี้มีนิยามความหมายว่า โครงสร้างความสัมพันธ์ของ ส่วนประกอบ ตัวแปร/หลักการ/แนวคิด/ฟังก์ชัน ต่าง ๆ ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ของเรื่องใด เรื่องหนึ่ง ในการเขียนบทความนี้ผู้เขียนขอใช้คำ แปลว่า “โมเดล”

อุษา และคณะ (2553) ได้ให้ความหมายของ รูปแบบการเรียนรู้ไว้ว่า รูปแบบการเรียนรู้ หมายถึง แผนงานหรือรูปแบบที่ออกมาเพื่อใช้จัดการเรียนรู้ในลักษณะที่ผู้เรียนและผู้สอน เผชิญหน้ากัน (Face-to-face teaching) ในห้องเรียนหรือในกระบวนการจัดการเรียนรู้เสริม ความรู้ และเป็นรูปแบบที่ใช้ในการจัดทำสื่อการเรียนรู้ ซึ่งรวมถึงหนังสือ फिल्म วิดีทัศน์ และ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับสอนหรือฝึกต่าง ๆ ตลอดจนกำหนดการจัดการของจัดการเรียนรู้ระยะยาว แต่ละรูปแบบการจัดการเรียนรู้จะให้แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนหรือนักเรียน ประสบความสำเร็จตาม จุดประสงค์ด้านต่าง ๆ ที่กำหนดไว้

ชัยวัฒน์ (2554) ได้ให้ความหมายของ รูปแบบการเรียนรู้ไว้ว่า รูปแบบการเรียนรู้ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนแสดงออกในชั้นเรียน ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างเด่น ชัดเจน นอกจากนี้ พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนนอกชั้นเรียนโดยเฉพาะการเรียนรู้ด้วย ตนเอง นั้นก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การเรียนมีประสิทธิภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้น

ปณิตา (2554) ได้ให้ความหมายของ รูปแบบการเรียนรู้ไว้ว่า รูปแบบการเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการที่ใช้พัฒนาการเรียนการสอนที่อยู่บนพื้นฐานของ แนวคิด ทฤษฎี การวิเคราะห์ องค์ประกอบต่างๆ โดยการกำหนดรายละเอียดและรายการต่าง ๆ ในการพัฒนา และประเมิน เพื่อทำให้เกิดการเรียนรู้ โดยต้องวิเคราะห์จากกลุ่มผู้เรียนหรือนักเรียนนักศึกษา และเนื้อหา เพื่อนำมา กำหนดวัตถุประสงค์ องค์ประกอบ และกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุ วัตถุประสงค์ ของการเรียนที่ตั้งไว้ไว้

พินันทา (2557) ได้ให้ความหมายของ รูปแบบการเรียนรู้ไว้ว่า รูปแบบการเรียนรู้ หมายถึง สภาพหรือลักษณะของการเรียนการสอนที่ครอบคลุมองค์ประกอบที่สำคัญซึ่งได้จัดไว้อย่างเป็นระบบ ตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อต่าง ๆ ประกอบด้วย กระบวนการเป็น ขั้นตอนสำคัญในการเรียนการสอนรวมทั้งวิธีสอนหรือเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่ ช่วยให้ไปเป็นไปตาม สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดที่ยึดถือ เป็นแบบ โดยรูปแบบ จะต้องได้รับการพิสูจน์ ทดสอบหรือยอมรับแล้วว่ามีประสิทธิภาพสามารถใช้เป็นแบบแผนในการ เรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์เฉพาะรูปแบบนั้น ๆ ได้

สมใจ (2555) ได้ให้ความหมายของ รูปแบบการเรียนรู้ไว้ว่า รูปแบบการเรียนรู้ หมายถึง สภาพ หรือลักษณะของการเรียนการสอนที่ต้องครอบคลุมองค์ประกอบที่สำคัญซึ่งได้ตั้งไว้อย่างเป็นระบบ ตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อต่าง ๆ โดยประกอบไปด้วย กระบวนการหรือ ขั้นตอนสำคัญในการเรียนการสอน รวมทั้งวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่สามารถช่วยทำให้ ลักษณะการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดที่ ยึดถือรูปแบบจะต้องได้รับการ พิสูจน์ ทดสอบ หรือยอมรับแล้วว่ามีประสิทธิภาพสามารถใช้เป็น แบบแผนในการเรียนการสอนให้ บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้

2.1.2 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้

องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ ทิศนา (2544) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ ดังนี้

1. ปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานหรือเป็นหลักของ รูปแบบการสอน
2. มีการบรรยายและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับ หลักการที่ยึดถือ
3. มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้ สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้น ๆ
4. มีการอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีสอนหรือเทคนิคการสอนต่าง ๆ อันจะช่วยให้ กระบวนการเรียนการสอนนั้น ๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2.1.3 ประเภทของรูปแบบการเรียนรู้

2.1.3.1 รูปแบบเชิงเปรียบเทียบ (Analogue Model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออกใน ลักษณะของการเปรียบเทียบสิ่งต่างๆ อย่างน้อย 2 สิ่งขึ้นไป รูปแบบนี้ใช้กันมากทางด้านวิทยาศาสตร์ กายภาพ สังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์

2.1.3.2 รูปแบบเชิงภาษา (Semantic Model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออกผ่านการใช้ ภาษานิยมใช้ในการศึกษาศาสตร์

2.1.3.3 รูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออก ผ่านทางสูตรคณิตศาสตร์ ส่วนมากจะเกิดขึ้นหลังจากได้รูปแบบเชิงภาษา

2.1.3.4 รูปแบบเชิงแผนผัง (Schematic Model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออกผ่านทาง แผนผัง แผนภาพ แผนภูมิ กราฟ เป็นต้น

2.1.3.5 รูปแบบเชิงสาเหตุ (Causal Model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงให้เห็นถึง ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต่างๆ ของสถานการณ์หรือปัญหาใดๆ ส่วนใหญ่มักเป็นรูปแบบ ด้านการศึกษาศาสตร์

2.1.4 ลักษณะที่ดีของรูปแบบ

ชัยวิชิต เขียรชนะ (2560) กล่าวว่า รูปแบบที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้

1. โมเดลสามารถสะท้อนปรากฏการณ์ที่ทำการศึกษาได้
2. โมเดลสามารถเป็นเครื่องมือในการสร้างความคิดรวบยอด (Concept) ใหม่ได้
3. โมเดลสามารถสะท้อนถึงชุมทรัพย์ทางปัญญาในการเพิ่มองค์ความรู้ (Body of Knowledge) ได้

4. โมเดลสามารถแสดงความสัมพันธ์เชิงเหตุผล กลไกต่าง ๆ ของสิ่งที่ศึกษาได้ถูกต้องและเชื่อถือได้

5. โมเดลสามารถตรวจสอบ ทดสอบได้

6. โมเดลสามารถอธิบาย หรือ ทำนาย หรือ ควบคุม ปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้

วโร (2553) กล่าวว่า รูปแบบที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้

1. รูปแบบควรประกอบด้วยความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างตัวแปรมากกว่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงธรรมดา อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงก็มีประโยชน์ในช่วงของการพัฒนารูปแบบ

2. รูปแบบควรนำไปสู่การทำนายผลที่ตามมา ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยเมื่อ ทดสอบรูปแบบแล้วถ้าปรากฏว่าไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ รูปแบบนั้นต้องถูกยกเลิก

3. รูปแบบควรอธิบายโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของเรื่องที่ศึกษาได้อย่างชัดเจน

4. รูปแบบควรเป็นเครื่องมือในการสร้างความคิดรวบยอด (Concept) ใหม่ และการสร้างความสัมพันธ์ ของตัวแปรใหม่ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มองค์ความรู้ (Body of Knowledge) ในเรื่องที่กำลังศึกษา

5. รูปแบบในเรื่องใด จะเป็นเช่นไรขึ้นอยู่กับกรอบของทฤษฎีในเรื่องนั้น ๆ

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้ผู้วิจัยจึงพอสรุปความหมายของรูปแบบการเรียนรู้ ได้ดังนี้ รูปแบบการเรียนรู้ หมายถึง แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ อย่างเป็นระบบ ซึ่งในระบบนี้ต้องมีองค์ประกอบต่าง ๆ ของรูปแบบ อาทิเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหาการเรียน สื่อการเรียน แบบทดสอบชนิดต่าง ๆ แบบฝึกหัด แบบวัดผลประเมินผลแบบต่าง ๆ และเทคนิคยุทธวิธี การสอนต่าง ๆ สามารถช่วยให้ สภาพการเรียนรู้การสอนนั้นเป็นไปตามทฤษฎี หลักการหรือ แนวคิดที่ยึดถือรูปแบบ ซึ่งจะทำให้กระบวนการเรียนรู้ในรูปแบบนั้นสมบูรณ์ และรูปแบบ จะต้อง ได้รับการพิสูจน์ ทดสอบ หรือยอมรับแล้วว่ามีประสิทธิภาพสามารถใช้เป็นแบบแผนในการ เรียน การสอนให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบนั้น ๆ ได้

2.2 การเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม

2.2.1 การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning)

2.2.1.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน

โครงงานเป็นฐาน เป็นรูปแบบการทำงานในชีวิตจริงเพื่อให้เด็กมีประสบการณ์ตรงได้ จะได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา รู้จัก การทำงาน รู้จักการวางแผน ฝึกการคิดวิเคราะห์ ฝึกการทำ งานร่วมกัน และสามารถสร้างองค์ความรู้ ด้วยตนเองโดยวิธีการหลายรูปแบบมาผสมผสานกัน

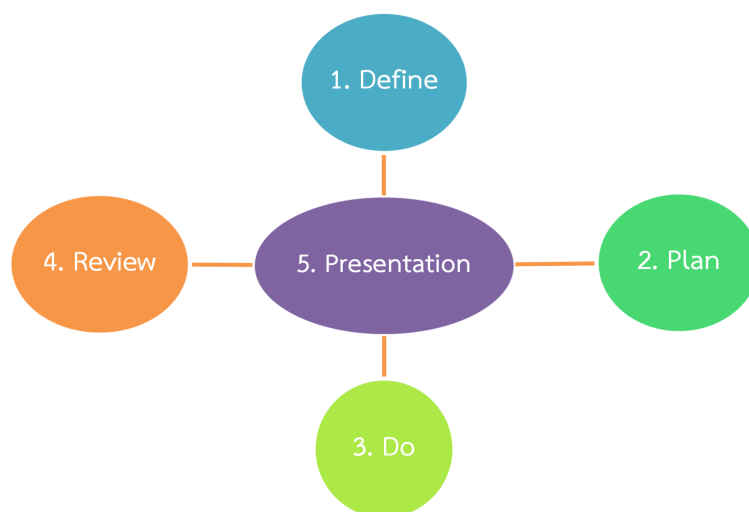
สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ ใช้โครงงานเป็น การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงหลักการพัฒนาการคิดของบลูม (Bloom) ทั้ง 6 ชั้น กล่าวคือ ความรู้ความจำ

(Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension)การนำไปใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) การประเมินค่า (Evaluation) และยังเป็นการเรียนรู้ที่เน้น ผู้เรียนเป็นสำคัญในทุกขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ ตั้งแต่การวางแผนการเรียนรู้ การออกแบบ การเรียนรู้ การสร้างสรรค์ประยุกต์ใช้ผลผลิต และการประเมินผลงานโดยผู้สอน มีบทบาทเป็น ผู้จัดการเรียนรู้

วัชรินทร์ และคณะ (2558) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบโครงงาน (Project Based Learning) เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตสอดคล้องกับหลักทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism , Constructionism และการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) ซึ่งมีขั้นตอนการเรียนรู้ที่เริ่มจากการแสวงหาความรู้ กระบวนการคิด และทักษะในการแก้ปัญหาไว้ในรูปแบบการเรียนรู้

2.2.1.2 ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

วิจารณ์ (2555) การจัดการเรียนรู้ ตามโมเดลจักรยานแห่งการเรียนรู้แบบ PBL ซึ่งแนวคิดนี้ มีความเชื่อว่า หากต้องการให้การเรียนรู้มีพลังและฝังในตัวผู้เรียนได้ ต้องเป็นการเรียนรู้ที่เรียนโดยการลงมือทำเป็นโครงการ (Project) ร่วมมือกันทำเป็นทีม และทำกับปัญหาที่มีอยู่ในชีวิตจริง ซึ่ง ส่วนของวงล้อ แต่ละชิ้น ได้แก่ Define, Plan, Do, Review และ Presentation



ภาพที่ 2-1 โมเดลจักรยานแห่งการเรียนรู้แบบ PBL

1. Define คือ ขั้นตอนการทำให้สมาชิกของทีมงาน ร่วมทั้งครูด้วยมีความชัดเจนร่วมกันว่าคำถาม ปัญหา ประเด็น ความท้าทายของโครงการคืออะไร และเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อะไร

2. Plan คือ การวางแผนการทำงานในโครงการ ครูก็ต้องวางแผน กำหนดทางหนี่ที่ไ้ในการทำหน้าที่โค้ช รวมทั้งเตรียมเครื่องอำนวยความสะดวกในการทำโครงการของนักเรียน และที่สำคัญเตรียมคำถามไว้ถามทีมงานเพื่อกระตุ้นให้คิดถึงประเด็นสำคัญบางประเด็นที่นักเรียนมองข้าม โดยถือ

หลักว่า ครูต้องไม่เข้าไปช่วยเหลือจนทีมงานขาดโอกาสคิดเองแก้ปัญหาเอง นักเรียนที่เป็นทีมงานก็ต้องวางแผนงานของตน แบ่งหน้าที่ที่รับผิดชอบ การประชุมพบปะระหว่างทีมงาน การแลกเปลี่ยนข้อค้นพบแลกเปลี่ยนคำถาม แลกเปลี่ยนวิธีการ ยิ่งทำความเข้าใจร่วมกันไว้ชัดเจนเพียงใด งานในขั้น Do ก็จะสะดวกเลื่อนไหลดีเพียงนั้น

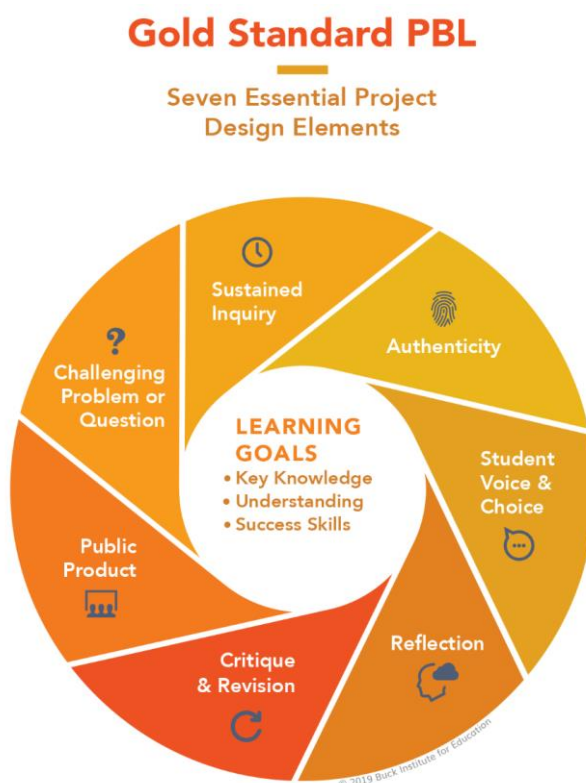
3. Do คือ การลงมือทำ มักจะพบปัญหาที่ไม่คาดคิดเสมอ นักเรียนจึงจะได้เรียนรู้ทักษะในการแก้ปัญหา การประสานงาน การทำงานร่วมกันเป็นทีม การจัดการความขัดแย้ง ทักษะในการทำงานภายใต้ทรัพยากรจำกัด ทักษะในการค้นหาความรู้เพิ่มเติมทักษะในการทำงานในสภาพที่ทีมงานมีความแตกต่างหลากหลาย ทักษะการทำงานในสภาพกดดัน ทักษะในการบันทึกผลงาน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

4. Review คือ การที่ทีมนักเรียนจะทบทวนการเรียนรู้ ที่ไม่ใช่แค่ทบทวนว่า โครงการได้ผลตามความมุ่งหมายหรือไม่ แต่จะต้องเน้นทบทวนว่างานหรือกิจกรรม หรือพฤติกรรมแต่ละขั้นตอนได้ให้บทเรียนอะไรบ้าง เอาทั้งขั้นตอนที่เป็นความสำเร็จและความล้มเหลวมาทำความเข้าใจ และกำหนดวิธีทำงานใหม่ที่ถูกต้องเหมาะสมรวมทั้งเอาเหตุการณ์ระทึกใจ หรือเหตุการณ์ที่ภาคภูมิใจ ประทับใจมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ขั้นตอนนี้เป็นการเรียนรู้แบบทบทวนไตร่ตรอง (reflection) หรือในภาษา KM เรียกว่า AAR (After Action Review)

5. Presentation คือ การนำเสนอโครงการต่อชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ให้การเรียนรู้ทักษะอีกชุดหนึ่ง ต่อเนื่องกับขั้นตอน Review เป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการทบทวนขั้นตอนของงานและการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างเข้มข้น แล้วเอามานำเสนอในรูปแบบที่เราใจ ให้อารมณ์และให้ความรู้ (ปัญญา) ทีมงานของนักเรียนอาจสร้างนวัตกรรมในการนำเสนอก็ได้ โดยอาจเขียนเป็นรายงาน และนำเสนอเป็นการรายงานหน้าชั้น มี เพาเวอร์พอยท์ (PowerPoint) ประกอบ หรือจัดทำวีดิทัศน์นำเสนอ หรือนำเสนอเป็นละคร เป็นต้น

2.2.1.3 องค์ประกอบกรอบการออกแบบโครงการ

Buck Institute for Education (BIE) (2019) เป็นสถาบันที่มุ่งเน้นการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ได้เสนอแนะองค์ประกอบสำคัญของการจัดการเรียนรู้ แบบโครงงานที่มีประสิทธิภาพ โดยมี 7 องค์ประกอบ ดังนี้



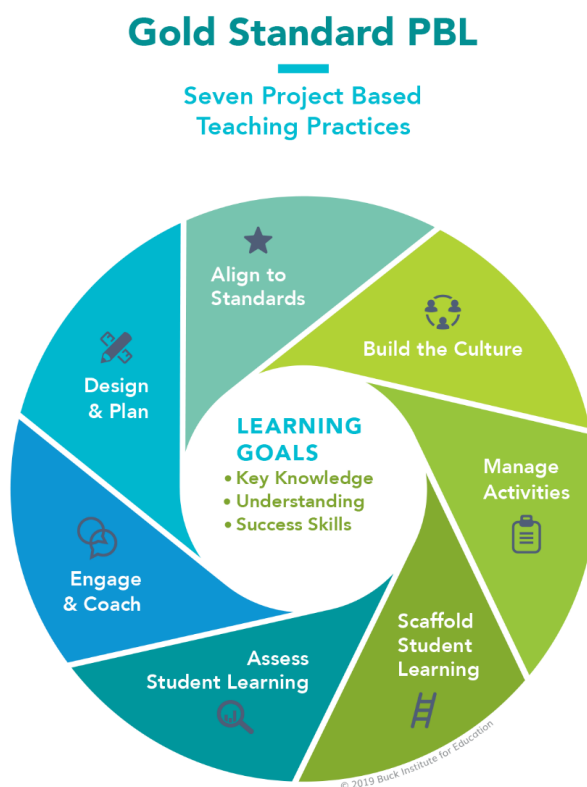
ภาพที่ 2-2 องค์ประกอบของการออกแบบโครงการ

1. Challenging Problems or Question : กำหนดกรอบด้วยปัญหาหรือคำถามที่ต้องการแก้ไขหรือตอบคำถามในระดับความท้าทายที่เหมาะสม
2. Sustained Inquiry : ผู้เรียนร่วมในกระบวนการตั้งคำถาม จากนั้นทำการค้นหาแหล่งข้อมูลและนำข้อมูลไปใช้
3. Authenticity : เริ่มทำโครงการที่เกี่ยวข้องหรืออยู่ในบริบทงานที่เป็นความสนใจส่วนตัวและประเด็นต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน
4. Student Voice & Choice : ผู้เรียนตัดสินใจการดำเนินการโครงการและแสดงความคิดเห็นของตนเองต่อโครงการของพวกเขา
5. Reflection : ผู้เรียนและผู้สอนสะท้อนถึงประสิทธิผลของการเรียนรู้จากการสอบถามและกิจกรรมโครงการของงาน อุปสรรคที่เกิดขึ้น และกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา
6. Critique & Revision : ผู้เรียนให้ทำการวิจารณ์และรับข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกระบวนการและชิ้นงานของพวกเขา
7. Public Product : ผู้เรียนเผยแพร่ผลงานโครงการ โดยแบ่งปันและอธิบายหรือนำเสนอต่อผู้คนที่อยู่นอกห้องเรียน

2.2.1.4 แนวทางการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้เพื่อช่วยให้เกิดประโยชน์มากที่สุดแก่ผู้เรียนในการเรียนรู้ ควรอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการค้นคว้า แสดงออก สะท้อนความคิด เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น จากการลงมือปฏิบัติและทดลอง (หรือที่เรียกว่าการประลอง) ทำโครงงาน ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะ การค้นคว้าหาข้อมูลที่ต้องการเพื่อนำมาแก้ปัญหา มีการรวมกลุ่มช่วยกันโต้แย้งเพื่อหาผลสรุปที่เหมาะสม ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้สรุปเป็นแนวทางและขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการใช้ โครงงานเป็นฐานดังนี้

Buck Institute for Education (BIE) กล่าวว่า กระบวนการของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน มี 7 ขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 2-3 กระบวนการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน

1. Design & Plan : ผู้สอนสร้างหรือปรับโครงงานให้เหมาะกับบริบทและนักเรียนและวางแผนการดำเนินการเริ่มต้นไปจนถึงสิ้นสุด
2. Align to Standards : ผู้สอนใช้มาตรฐานในการวางแผนโครงการและตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้กล่าวถึงความรู้และความเข้าใจหลักจากสาขาวิชาที่จะรวมเข้าด้วยกัน

3. Build the Culture : ผู้สอนสร้างวัฒนธรรมการทำงานโดยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเป็นอิสระและการเติบโต

4. Manage Activities : ผู้สอนทำงานร่วมกับผู้เรียนเพื่อบริหารจัดการการดำเนินงานและกำหนดเวลา กำหนดการตรวจสอบผลงาน และกำหนดเวลาค้นหาการใช้ทรัพยากรในการสร้างผลงาน และเผยแพร่ต่อสาธารณะ

5. Scaffold Student Learning : ผู้สอนใช้บทเรียนเครื่องมือและกลยุทธ์การสอนที่หลากหลายเพื่อสนับสนุนผู้เรียนทุกคนในการบรรลุเป้าหมายของโครงการ

6. Assess Student Learning : ผู้สอนใช้การประเมินความรู้ความเข้าใจและทักษะความสำเร็จในเชิงรูปแบบและเชิงสรุปรวมถึงการประเมินตนเอง ประเมินเพื่อนในทีม และประเมินการทำงานของแต่ละบุคคล

7. Engage & Coach : ผู้สอนร่วมในการเรียนรู้และสร้างสรรค์ควบคู่ไปกับผู้เรียน พร้อมให้กำลังใจและชื่นชมผู้เรียน

พิมพ์พันธ์ พะเยาว์ และราชน (2550 : 48) กล่าวถึงขั้นตอนการทำโครงการประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา จากการสังเกต สรุปอ้างอิง แยกแยะ เปรียบเทียบ วิเคราะห์ สื่อสาร (ฟัง พูด เขียน) ฯลฯ

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบการรวบรวมข้อมูลด้วย การตั้งสมมติฐาน การคิดเชิงเหตุผล การพิสูจน์สมมติฐาน การระบุตัวแปร การนิยามเชิงปฏิบัติการ การวางแผน วิธีการเก็บข้อมูล การสร้างเครื่องมือการวิเคราะห์ข้อมูล ฯลฯ

ขั้นตอนที่ 3 ปฏิบัติการรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต การสัมภาษณ์ การสอบถาม การวัด การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ การใช้ตัวเลข การบันทึกผล ฯลฯ

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ผลและสื่อความหมายข้อมูล ด้วยการสังเกต การแยกแยะ การจัดกลุ่ม การจำแนกประเภท การเรียงลำดับ การจัดระบบ การสื่อสารข้อมูลแบบต่างๆ (ตาราง กราฟ ภาพ) ฯลฯ

ขั้นตอนที่ 5 สรุปผล โดยตีความหมายข้อมูล การอุปนัย การนิรนัย การสรุปผลจากข้อมูล

ลัดดา (2552 : 28) กล่าวว่า ในการทำโครงการผู้สอนจะต้องเป็นพี่เลี้ยงให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นการปูพื้นฐานก่อนประกอบไปด้วยขั้นตอน 7 ขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 การหาหัวข้อและการเลือกหัวเรื่องที่จะทำโครงการ หัวข้อเรื่องต้องเป็นหัวข้อที่ผู้เรียนสนใจจริง ๆ ในระยะแรกจึงไม่ควรกำหนดเป็นรายวิชาแต่เป็นเรื่องอะไรก็ได้ที่ผู้เรียนสนใจอยากค้นคว้า หาคำตอบ ผู้สอนจะต้องพิจารณาข้อมูลต่าง ๆ ประกอบเสียก่อนว่ามีข้อมูล ตลอดจนแหล่งเรียนรู้ เพียงพอหรือไม่ในการทำโครงการนั้น

ขั้นที่ 2 การวางแผนในการทำโครงการ ผู้เรียนต้องคิดวางแผนล่วงหน้าว่าจะทำอะไร ช่วงเวลาใด จากการเขียนเค้าโครงการทำโครงการเสนอผู้สอน โดยทั่วไปจะเป็นการตอบคำถามว่า จะทำอะไร ทำไมต้องทำ ใครบ้างเป็นผู้กระทำ กระทำเมื่อใด ทำที่ไหน และจะอย่างไร ดังนั้น รายละเอียดในเค้าโครงการทำโครงการจะเป็นเค้าโครงของสิ่งที่คาดหวังว่าจะต้องปฏิบัติ กำหนดวิธีทำงาน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์และรายละเอียดในการทำงานที่จะช่วยให้การปฏิบัติลุล่วงไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงการ เป็นการปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ที่ได้รับการเห็นชอบจากผู้สอน

ขั้นที่ 4 การบันทึกผลการปฏิบัติงาน เมื่อได้ข้อมูลจากการบันทึกแล้วผู้เรียนจะต้องแปลผล และสรุปผลการทดลองพร้อมทั้งอภิปรายผลของการศึกษาค้นคว้า หากไม่ตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ จะต้องบอกข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้

ขั้นที่ 5 การเขียนรายงาน เป็นการเสนอผลจากการศึกษาค้นคว้าในรูปแบบของรายงานเพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบและเข้าใจถึงแนวคิด วิธีการศึกษาค้นคว้าและสิ่งที่ทำการศึกษามีผลเป็นอย่างไรด้วยการใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย ชัดเจน สั้น ตรงไปตรงมา และครอบคลุมหัวข้อต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

ขั้นที่ 6 การนำเสนอโครงการ หลังจากที่ได้ศึกษาและหาวิธีการในการแก้ปัญหาได้ผลออกมาแล้วจะต้องนำความรู้ที่ได้มาเผยแพร่ให้ผู้อื่นได้รับทราบในรูปของรายงานหรือเอกสาร หรือรายงานปากเปล่าด้วยสื่อเพาเวอร์พอยต์ (Power Point) หรือ นิทรรศการ เป็นต้น

ขั้นที่ 7 การประเมินผลโครงการ ควรประเมินให้ครบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการเตรียม การดำเนินงาน ด้านการดำเนินงาน และด้านผลของโครงการ

วัชรินทร์ และคณะ (2558 : 2) ได้สรุป การจัดการเรียนการสอนแบบ Project based Learning วิธีการและขั้นตอนที่พอประมวลได้ดังนี้

1. แบ่งกลุ่มย่อย ร่วมกันค้นคว้าหาข้อมูล เพื่อนำเสนอโครงการ

การแบ่งกลุ่มย่อยมีจุดประสงค์หลักในการแลกเปลี่ยนและปรับความคิด เพื่อช่วยในการสร้าง (Construct) องค์ความรู้ใหม่ให้เกิดขึ้น การแบ่งกลุ่มมีหลายวิธี เช่น ให้เลือกกลุ่มกันเอง ข้อดีของวิธีนี้คือ ถ้าเป็นกลุ่มที่ขยัน ก็จะช่วยกันทำงาน แต่ถ้าเป็นกลุ่มที่ขี้เกียจ จะเกี่ยงกันทำงานส่งผลให้งานออกมาไม่มีคุณภาพ แต่หากใช้วิธี ผู้สอนเป็นผู้เลือกให้ จะทำให้ผู้เรียน ต้องปรับให้เข้ากับเพื่อนที่อาจจะไม่สนิทนักในครั้งแรก และมีความจำเป็นต้องปรับให้เข้ากับเพื่อนร่วมกลุ่มให้ได้ เพื่อให้สามารถจัดทำโครงการส่งผู้สอนได้สำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานจริง ที่ผู้เรียนจะต้องประสบหลังจากจบการศึกษาไปแล้ว

2. ผู้สอนบอกวัตถุประสงค์/ข้อกำหนดการทำโครงการ

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่ง เป็นการบอกให้ผู้เรียน มีการเตรียมความพร้อมและรู้จักหาวิธีการหาความรู้ด้วยตนเอง เช่น เอกสาร ตำรา อินเทอร์เน็ต เป็นต้น ผู้สอนจะต้องเตรียมความพร้อมทางด้านสาธนาธิบธิภค ให้แกผู้เรียนอยางพอเพียง เช่น หองคั่นควา ระบบอินเอรเน็ตขณะเดียวกัน จะตองใหผู้เรียนสามารถเขาถึงบริการดังกลาวไดตลอดเวลา เพื่อที่ผู้เรียนหากมีเวลาว่าง ก็จะสามารถใช้บริการไดทันที

3. การกำหนดหัวข้อ

หลังจากที่ผู้สอนบอกขอบเขต เงื่อนไข และเกณฑ์การประเมินผล กับผู้เรียนและผู้เรียน รับทราบหมดทุกกลุ่มแล้ว จากนั้นจึงเริ่มดำเนินการกำหนดหัวข้อให้กับผู้เรียนแต่ละกลุ่ม ขึ้นอยู่กับเนื้อหาตาม คำอธิบายรายวิชา (Course Outline)

4. การดำเนินการสร้างโครงการ

หลังจากที่สอนให้ผู้เรียนรู้จักการหาข้อมูลแล้ว ขั้นตอนต่อไป ผู้สอนจะเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกในการดำเนินการจัดหาอุปกรณ์ สาธนาธิบธิภค ที่จำเป็นเท่านั้น ที่เหลือผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ออกแบบและวางแผนการดำเนินโครงการเอง ขั้นตอนนี้จะช่วยให้ผู้เรียนรู้จักการแลกเปลี่ยนความรู้กันเองภายในกลุ่มหรือจะนอกกลุ่มก็ได้ จากนั้นจึงนำมาออกแบบ และดำเนินการจัดทำต่อไป

5. การนำเสนอผลงาน

หลังจากที่ผู้เรียนได้ดำเนินการจัดทำโครงการเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปคือการนำเสนอผลงาน โดยผู้เรียนจะต้องฝึกการนำเสนอหน้าชั้นเรียน ซึ่งเขาจะต้องสามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจและ ขณะเดียวกัน ก็จะต้องรับฟังข้อคิดเห็นจากเพื่อนๆร่วมชั้น ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นในการทำงาน หลังจากจบการศึกษาแล้วการนำเสนอจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการเรียบเรียงความคิดรวบยอด (Concept) อยางเป็นระบบและมีความต่อเนื่องกัน เกิดความมั่นใจ สามารถตอบคำถามเพื่อนในชั้นเรียนที่ยังสงสัยในประเด็นต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน

ปริญญนันท์ (2558) กล่าวว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการเตรียมความพร้อม ขั้นตอนการกำหนดหัวข้อ ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและทดสอบ ขั้นตอนการนำเสนอผลงาน และขั้นตอนการประเมินผล ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมความพร้อม มีการบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ สารวิชาหลัก และสมรรถนะสำคัญ 3 ประการ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านข้อมูลสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะด้านชีวิตและอาชีพ บทบาทของผู้สอนต้องให้คำปรึกษาและแนะนำ บทบาทของผู้เรียนคือ ศึกษาคนควา การจัดกลุ่มทำงาน ระดมความคิด ศึกษาความเป็นไปได้ และสรุปปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดหัวข้อ มีการบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ สารวิชาหลักและสมรรถนะสำคัญ 3 ประการ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านข้อมูล สารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะด้านชีวิตและอาชีพ บทบาทของผู้สอนเห็นชอบโครงการให้คำแนะนำ บทบาทของผู้เรียนคือ จัดทำแผนงานโครงการ นำเสนอหัวข้อโครงการ

ขั้นตอนที่ 3 การดำเนินการสร้างและทดสอบ มีการบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ สารวิชาหลักและสมรรถนะสำคัญ 3 ประการ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านข้อมูล สารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะด้านชีวิตและอาชีพ บทบาทของผู้สอนติดตามและตรวจสอบการดำเนินงาน บทบาทของผู้เรียนคือ ลงมือสร้างโครงการ ทดสอบการทำงานของโครงการ แก้ปัญหาโครงการ

ขั้นตอนที่ 4 การนำเสนอผลงาน มีการบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ สารวิชาหลักและสมรรถนะสำคัญ 3 ประการ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านข้อมูล สารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะด้านชีวิตและอาชีพ บทบาทของผู้สอนรับฟังและให้ข้อเสนอแนะ ให้กำลังใจ และสนับสนุนการทำโครงการ บทบาทของผู้เรียน คือนำเสนอผลสำเร็จโครงการ รับฟังข้อเสนอแนะ ปรับปรุงแก้ไขผลงาน

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผล มีการบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ สารวิชาหลักและสมรรถนะสำคัญ 3 ประการ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านข้อมูล สารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะด้านชีวิตและอาชีพ บทบาทของผู้สอนประเมินผลงานตามสภาพจริง บทบาทของผู้เรียนคือ ประเมินผลงานตนเอง

การเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-based Learning) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าตามความสนใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง และร่วมกันดำเนินการศึกษาภายในเวลาที่ตกลงกันจนได้ผลออกมาตามที่ตั้งจุดประสงค์ไว้ด้วยวิธีการต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ จากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย โดยที่ครูผู้สอนคอยแนะนำและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษา ดำเนินการวางแผน กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานและนำเสนอผลงาน โครงการจึงเป็นกิจกรรมหรือชิ้นงานที่มีลำดับชัดเจน มีความเชื่อมโยงไปสู่ผลงานสุดท้ายที่เห็นและจับต้องได้ ผู้เรียนจะรู้สึกถึงความสำเร็จเมื่อโครงการเสร็จสิ้น เนื่องจากผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทุกขั้นตอน เป็นการพัฒนาผู้เรียนโดยองค์รวม การเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน สรุปได้ 5 ขั้นตอน (วิจารณ์ (2555), วิชัยและพัลลภ (2556), วชิรินทร์ และคณะ (2557), ปรัชญนันท์ (2558)) ได้แก่ (1) การเลือกหัวเรื่อง/ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา (2) ออกแบบการทำงาน เลือกวิธีการ/แหล่งข้อมูล (3) ลงมือปฏิบัติโครงการ (4) การนำเสนอโครงการ และ (5) การวัดและประเมินผล

ตารางที่ 2-1 การสังเคราะห์กระบวนการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

ลำดับ	ขั้นตอน	ผู้วิจัย						สรุป
		Buck Institute for Education	พิมพ์พันธ์ พยแก้ว และราชน (2550)	ลัดดา (2552)	วัชรินทร์ และคณะ (2558)	ปริญญนันท์ (2558)	วิชัยและพัลลภ (2556)	
1.	แบ่งกลุ่มย่อย				/			
2.	เลือกหัวข้อ/ประเด็นปัญหา	/	/	/	/	/	/	/
3.	ออกแบบการทำงาน	/	/	/		/		/
4.	ลงมือปฏิบัติ	/	/	/	/	/		/
5.	บันทึกผลการปฏิบัติงาน			/				
6.	นำเสนอโครงงาน	/	/	/	/	/	/	/
7.	วัดและประเมิน	/	/	/		/	/	/

2.2.2 แนวคิดเชิงวิศวกรรม

2.2.2.1 ความหมายของการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แนวคิดทางวิศวกรรมศาสตร์นั้นมีปรากฏมาแต่ยุคโบราณกาลแล้ว นับแต่มนุษย์สามารถประดิษฐ์เครื่องมือพื้นฐาน เช่น ล้อ, รอก และคาน เครื่องมือประดิษฐ์เหล่านั้นถูกนิยามถึงในวิศวกรรมศาสตร์ยุคปัจจุบันและถูกใช้ประโยชน์ในงานกลศาสตร์พื้นฐานเพื่อการพัฒนาเครื่องมือและวัตถุ

คำว่า Engineering ในภาษาอังกฤษ หมายถึง วิศวกรรมศาสตร์ ถูกสร้างมาจากคำว่า Engineer ซึ่งคำ ๆ นี้สามารถสืบย้อนกลับไปได้ถึง ค.ศ. 1325 เมื่อคำว่า engine'er อันมีความหมายว่า ผู้ใช้งานเครื่องจักร ซึ่งเดิมทีหมายถึง “ผู้สร้างเครื่องจักรสำหรับใช้งานเพื่อการทหาร” ความหมายดังที่กล่าวมานั้น (ซึ่งความหมายนี้ได้ถูกยกเลิกไปแล้ว) คำว่า Engine นั้นหมายถึงเครื่องจักรทางการทหาร หรืออาวุธนั่นเอง ตัวอย่างเช่นเครื่องยิงหินแคเทอพอลต์ หรือกล่าวโดยสรุปแล้ว แต่เดิมทีวิศวกรคือผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับอาวุธยุทโธปกรณ์ในกองทัพนั่นเอง สำหรับคำว่า Engine นั้นเองมีความหมายที่เก่าแก่ว่านั้นอีกคือมาจากคำว่า Ingenium ในภาษาละติน ซึ่งแปลว่า “ความสามารถที่มีมาโดยกำเนิด” โดยเฉพาะหมายถึงความสามารถทางปัญญา เช่น ความฉลาดในการประดิษฐ์ต่อมา เนื่องจากความรู้ในวิทยาการการออกแบบสิ่งก่อสร้างสำหรับพลเรือนเช่น สะพาน อาคาร

บ้านเรือนมีพัฒนาสูงขึ้น คำว่า Civil Engineer (วิศวกรรมโยธาในภาษาไทย) (Civil แปลว่า พลเรือน) จึงได้ถูกบัญญัติใช้เพื่อการแยกแยะระหว่างวิศวกรผู้เชี่ยวชาญในงานก่อสร้างที่ไม่เกี่ยวกับการทหาร กับ วิศวกรที่ทำงานในสายงานวิศวกรรมทหาร (ความหมายของคำว่าวิศวกรรมศาสตร์ หรือ Engineering ที่ถูกใช้ในยุคนั้น ส่วนใหญ่ไม่ตรงกับความหมายที่ถูกใช้ในปัจจุบัน ยกเว้นแต่เพียงบางส่วนที่ยังคงความหมายเดิมมาจนปัจจุบัน เช่น หน่วยทหารช่าง)

2.2.2.2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน (ที่มา: <http://www.nextgenscience.org/>) ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

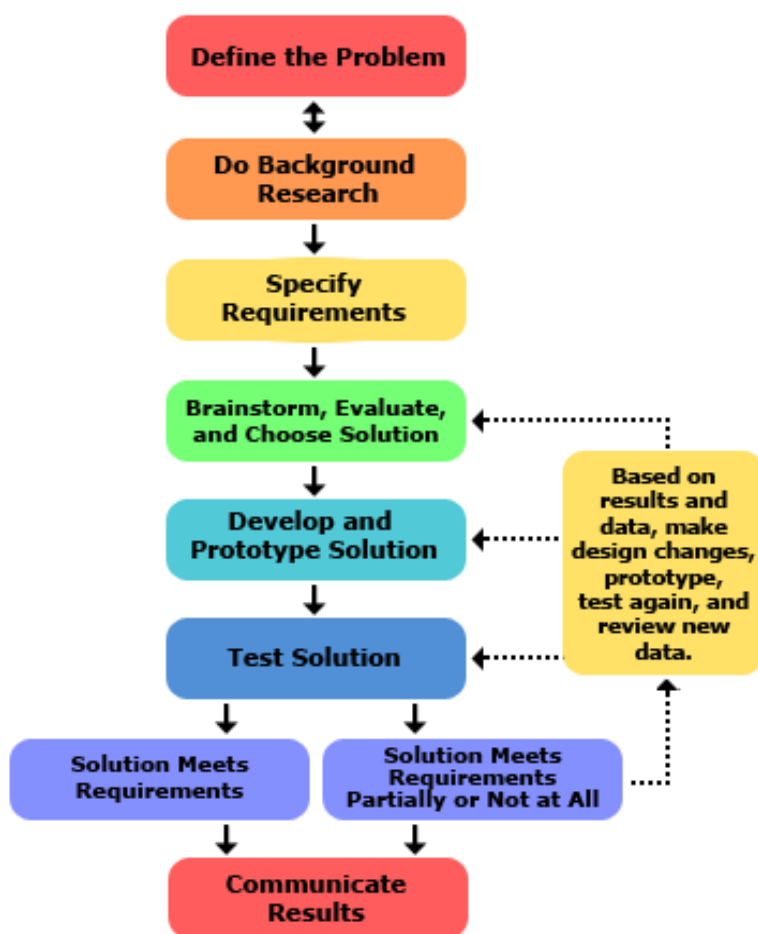
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป



ภาพที่ 2-4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Science Buddies (2020) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นขั้นตอนที่วิศวกรใช้เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหา ซึ่งวิธีการแก้ปัญหามีเกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์ ที่ตรงตามเกณฑ์บางอย่างหรือทำงานบางอย่างให้สำเร็จ กระบวนการนี้แตกต่างจาก Steps of the Scientific Method ซึ่งอาจคุ้นเคยมากกว่าหากโครงการเกี่ยวข้องกับการสังเกตและการทดลองควรทำตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หากโครงการเกี่ยวข้องกับการออกแบบการสร้างและการทดสอบบางอย่างควรทำตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และหากยังไม่แน่ใจว่าควรปฏิบัติตามขั้นตอนใดควรอ่านการเปรียบเทียบกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ แผนภาพนี้แสดงขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและตารางด้านล่างจะอธิบายแต่ละขั้นตอนโดยละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 2-5 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Science Buddies, 2020)

ตารางที่ 2-2 ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรม

ขั้นตอน	คำอธิบาย	วิธีการ
1. กำหนดปัญหา (Define the Problem)	กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเริ่มต้นเมื่อคุณถามคำถามต่อไปนี้เกี่ยวกับปัญหาที่คุณสังเกตเห็น: - มีปัญหาหรือต้องการอะไร - ใครมีปัญหาหรือต้องการอะไร - การแก้ปัญหาสำคัญอย่างไร? หรือสรุปได้ว่า [ใคร] ต้องการ [อะไร] เพราะ [ทำไม].	วิธีการสำหรับขั้นตอนนี้: - กำหนดปัญหา - ออกแบบ Notebook - แพนผังความคิด

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นตอน	คำอธิบาย	วิธีการ
2. ทำวิจัยความเป็นมา (Do Background Research)	เรียนรู้จากประสบการณ์ของผู้อื่นซึ่งจะช่วยให้ทราบเกี่ยวกับวิธีแก้ไข ปัญหาที่มีอยู่เดิมและหลีกเลี่ยง ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในอดีต ดังนั้น สำหรับโครงการออกแบบทาง วิศวกรรมให้ทำการวิจัยความเป็นมา (Background) ในสองประเด็นหลัก: - ผู้ใช้หรือลูกค้า - โซลูชันที่มีอยู่	วิธีการสำหรับขั้นตอนนี้: - แผนการวิจัยความเป็นมา - การค้นหาข้อมูล - บรรณานุกรม - รายงานการวิจัย
3. ระบุความต้องการ (Specify Requirements)	ข้อกำหนดในการออกแบบระบุถึง ลักษณะสำคัญของการแก้ไข ซึ่งต้อง บรรลุเพื่อให้ประสบความสำเร็จ วิธีที่ ดีที่สุดวิธีหนึ่งในการระบุข้อ กำหนดการออกแบบคือการวิเคราะห์ ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมของผลิตภัณฑ์ ที่มีอยู่ที่คล้ายคลึงกันโดยสังเกต คุณสมบัติหลักแต่ละอย่าง	วิธีการสำหรับขั้นตอนนี้: - ระบุข้อกำหนด - ตัวอย่างข้อกำหนดการ ออกแบบ - วิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ทาง กายภาพ - วิธีวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ ซอฟต์แวร์หรือเว็บไซต์ - วิธีวิเคราะห์สภาพแวดล้อม - วิธีวิเคราะห์ประสบการณ์ ข้อกำหนดในการออกแบบมี กี่แบบ?
4. ระดมความคิดหาวิธี แก้ปัญหา (Brainstorm Solutions)	มีความเป็นไปได้ที่ดีมากมายสำหรับ การแก้ปัญหการออกแบบ หากคุณ ให้ความสำคัญกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งก่อนที่ จะมองไปที่ทางเลือกอื่น ๆ เกือบจะ แน่นอนว่าคุณกำลังมองข้ามทางออก ที่ดีกว่า นักออกแบบที่ดีพยายามสร้าง โซลูชันให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้	วิธีการสำหรับขั้นตอนนี้: ระดมความคิดหลายวิธี

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นตอน	คำอธิบาย	วิธีการ
5. เลือกทางออกที่ดีที่สุด (Choose the Best Solution)	ดูว่าแต่ละโซลูชันที่เป็นไปได้นั้น ตรงตามความต้องการในการ ออกแบบของคุณหรือไม่ โซลูชัน บางอย่างอาจตรงตามข้อกำหนด มากกว่าวิธีอื่น ๆ ปฏิเสธโซลูชันที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	วิธีการสำหรับขั้นตอนนี้: เลือกทางออกที่ดีที่สุด
6. พัฒนาโซลูชัน (Develop the Solution)	การพัฒนาเกี่ยวข้องกับ การปรับแต่งและปรับปรุงโซลูชันและ ยังคงดำเนินต่อไปตลอด กระบวนการออกแบบซึ่งบ่อยครั้ง แม้ว่าจะมีการจัดส่งผลิตภัณฑ์ไป ยังลูกค้าก็ตาม	วิธีการสำหรับขั้นตอนนี้: - งานพัฒนา - การวาดภาพ - สตอรี่บอร์ด
7. สร้างต้นแบบ (Build a Prototype)	ต้นแบบคือโซลูชันเวอร์ชัน ปฏิบัติการ มักจะทำได้ด้วยวัสดุที่ แตกต่างจากรุ่นสุดท้ายและ โดยทั่วไปแล้วจะไม่ได้รับการขัดเงา ต้นแบบเป็นขั้นตอนสำคัญใน การพัฒนาโซลูชันขั้นสุดท้ายซึ่ง ช่วยให้ นักออกแบบทดสอบ วิธีการทำงานของโซลูชัน	วิธีการสำหรับขั้นตอนนี้: การสร้างต้นแบบ
8. ทดสอบและออกแบบ ใหม่ (Test and Redesign)	ขั้นตอนการออกแบบเกี่ยวข้องกับการ ทำซ้ำหลาย ๆ ครั้งและการ ออกแบบโซลูชันสุดท้ายของคุณ ใหม่' คุณอาจจะทดสอบวิธี แก้ปัญหาของคุณค้นหาปัญหา ใหม่ทำการเปลี่ยนแปลงและ ทดสอบวิธีแก้ปัญหาใหม่ก่อนที่จะ ตัดสินใจออกแบบขั้นสุดท้าย	วิธีการสำหรับขั้นตอนนี้: ทดสอบและออกแบบใหม่

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นตอน	คำอธิบาย	วิธีการ
9. สื่อสารผลลัพธ์ (Communicate Results)	ในการทำโครงการของคุณให้เสร็จสมบูรณ์ให้แจ้งผลลัพธ์ของคุณกับผู้อื่นในรายงานขั้นสุดท้ายและ / หรือบอร์ดแสดงผล วิศวกรมืออาชีพมักจะทำเช่นเดียวกันโดยจัดทำเอกสารโซลูชันอย่างละเอียดเพื่อให้สามารถผลิตและรองรับได้	วิธีการสำหรับขั้นตอนนี้: - รายงานครั้งสุดท้าย - นามธรรม - บอร์ดแสดงผล - การตัดสินงาน Science Fair

National Academy of Engineering (2020) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมคือการแก้ปัญหา มักจะมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจงที่เกี่ยวข้องกับการทดลองเพื่อทำความเข้าใจปัญหาให้ดีขึ้น (หรือวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้) แต่เป้าหมายของการออกแบบทางวิศวกรรมมักจะเป็นการแก้ปัญหาเสมอ โดยมีขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 2-6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (National Academy of Engineering, 2020)

สิ่งหนึ่งที่สำคัญเกี่ยวกับการออกแบบทางวิศวกรรมคือต้องอาศัยทักษะที่ทุกคนสามารถทำได้ และสามารถเรียนรู้ที่จะทำได้ดีขึ้นด้วยการฝึกฝน ซึ่งโมเดลนี้ไม่มีจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดที่เฉพาะเจาะจง นักออกแบบมักจะกระโดดไปมาระหว่างขั้นตอนต่าง ๆ มีกระบวนการ คือ

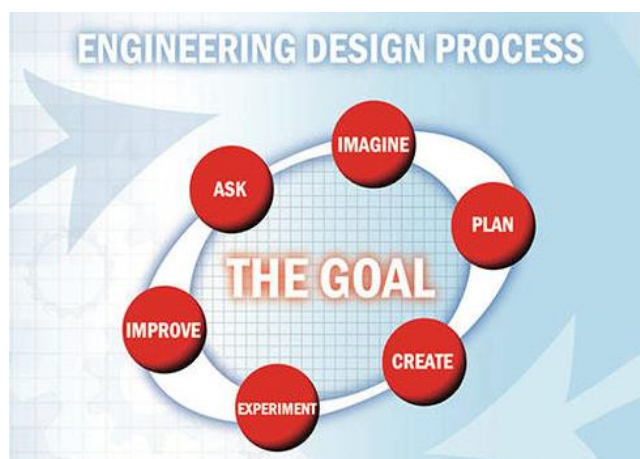
1. ถามคำถาม (Ask)
2. ระดมความคิด (Imagine)
3. วางแผน (Plan)

4. สร้างแบบจำลองหรือต้นแบบ (Create)

5. ประเมินผลลัพธ์ (Improve)

วิศวกรมืออาชีพอาจทำงานกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความซับซ้อน แต่กระบวนการพื้นฐานในการแก้ปัญหาจะเหมือนกับวิธีที่สามารถใช้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

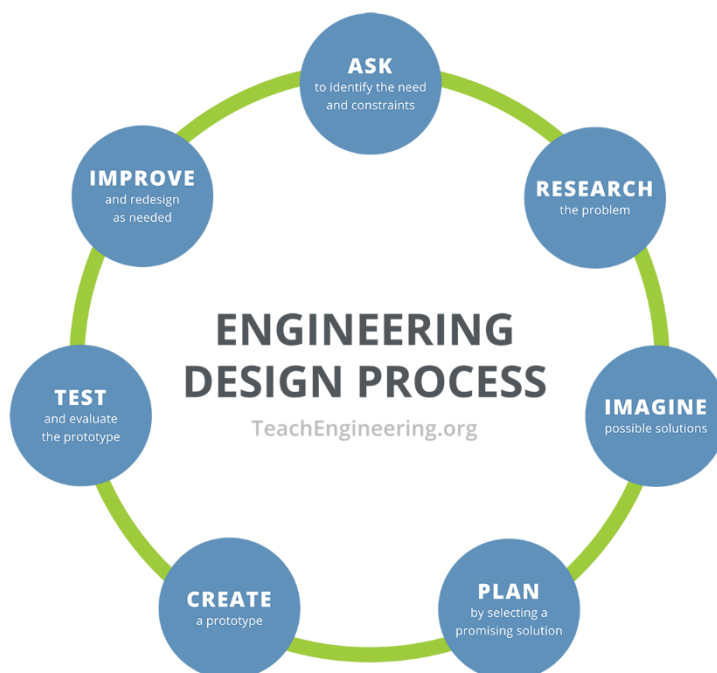
NASA (2020) กล่าวว่า แบบจำลองการออกแบบทางวิศวกรรมที่ดีที่สุดของ NASA ทำหน้าที่เป็นรากฐานสำหรับกิจกรรม BEST ทั้งหมด คู่มือกิจกรรมที่ดีที่สุดได้รับการออกแบบมาเพื่อสอนนักเรียนเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (EDP) ซึ่งเป็นกระบวนการซ้ำ ๆ ที่วิศวกรใช้เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา วิศวกรของ NASA ถามคำถามจินตนาการถึงวิธีแก้ปัญหาวางแผน ออกแบบสร้างและทดสอบโมเดลจากนั้นทำการปรับปรุง ขั้นตอนเหล่านี้ล้วนนำไปสู่ความสำเร็จของภารกิจและอาจอธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 2-7 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NASA, 2020)

1. Ask : ผู้เรียนระบุปัญหาที่ต้องปฏิบัติตามและข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา
2. Imagine : ผู้เรียนระดมสมองหาวิธีแก้ปัญหาและแนวคิดที่จะดำเนินการ
3. Plan : ผู้เรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 2-3 ข้อจากรายการที่ได้รับการระดมความคิดและร่างการออกแบบที่เป็นไปได้ในที่สุดก็เลือกการออกแบบเดียวเพื่อสร้างต้นแบบ
4. Create : ผู้เรียนสร้างแบบจำลองการทำงานหรือต้นแบบที่สอดคล้องกับข้อกำหนดการออกแบบ
5. Experiment : ผู้เรียนประเมินวิธีแก้ปัญหาผ่านการทดสอบ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลสรุปจุดแข็งและจุดอ่อนของการออกแบบระหว่างการทดสอบ
6. Improve : จากผลการทดสอบผู้เรียนทำการปรับปรุงการออกแบบ และระบุการเปลี่ยนแปลงที่จะทำและปรับให้เหมาะสมกับการแก้ไข

Engineering University of Colorado Boulder (2020) กล่าวว่า



ภาพที่ 2-8 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering University of Colorado Boulder, 2020)

1. Ask : ระบุความต้องการและข้อ จำกัด

วิศวกรถามคำถามสำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่พวกเขาต้องการสร้างไม่ว่าจะเป็นตีกระฟ้าเครื่องเล่นในสวนสนุกจักรยานหรือสมาร์ทโฟน คำถามเหล่านี้ ได้แก่ อะไรคือปัญหาที่ต้องแก้? เราต้องการออกแบบอะไร? เหมาะสำหรับใคร? เราต้องการทำอะไรให้สำเร็จ? ความต้องการของโครงการคืออะไร? มีข้อ จำกัด อย่างไร? เป้าหมายของเราคืออะไร?

2. Research : ค้นคว้าปัญหา

3. Imagine : จินตนาการและกำหนดแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้

4. Plan : วางแผนและเลือกโซลูชันที่ดีที่สุด

5. Create : สร้างต้นแบบ

6. Test : ทดสอบและประเมินต้นแบบ

7. Improve : แก้ไขและปรับปรุงการออกแบบใหม่ตามความเหมาะสม

ตารางที่ 2-3 การสังเคราะห์กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ลำดับ	ขั้นตอน	ผู้วิจัย							สรุป
		NRC, 2012	Science Buddies (2020)	National Academy of	NASA (2020)	Engineering University of	ชัยวัฒน์ (2560)	พิชิต และคณะ (2558)	
1.	ระบุปัญหา	/	/	/	/	/	/		/
2.	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	/	/			/			/
3.	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	/	/	/	/	/	/	/	/
4.	วางแผน	/		/	/	/	/	/	/
5.	สร้างต้นแบบ		/	/	/	/			
6.	ทดสอบ	/	/		/	/	/	/	/
7.	ประเมินผล และปรับปรุง			/	/	/	/		
8.	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา	/	/				/		/

2.3 ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม

2.3.1 ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง (Virtual Lab)

2.3.1.1 ความหมายของห้องปฏิบัติการเสมือน

IGI Global (2020) กล่าวว่า ห้องปฏิบัติการเสมือน คือ 1) เว็บไซต์หรือซอฟต์แวร์สำหรับการเรียนรู้เชิงโต้ตอบโดยอาศัยการจำลองปรากฏการณ์จริง ช่วยให้นักเรียนสำรวจหัวข้อโดยการเปรียบเทียบและจดบันทึกเพื่อรับประสบการณ์การทดลองใช้งานจริงผ่านอินเทอร์เน็ต 2) เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการที่อยู่บนพื้นที่เสมือนซึ่งสามารถเข้าถึงได้ผ่านอินเทอร์เน็ต โดย 3) มีการตั้งค่าการทดลองในห้องปฏิบัติการระยะไกลเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงผ่านอินเทอร์เน็ตได้ทุกที่ทุกเวลา เมื่อเปรียบเทียบกับห้องปฏิบัติการแบบดั้งเดิมห้องปฏิบัติการเสมือนมีประโยชน์อย่างยิ่งเมื่อการทดลองบางอย่างเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ และ 4) ห้องปฏิบัติการเสมือนเป็นสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการจำลองโดยทั่วไปจะใช้เป็นโปรแกรมซอฟต์แวร์ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้ทำการทดลองได้

TalentLMS (2020) กล่าวว่า ห้องปฏิบัติการเสมือน คือ เครื่องจำลองหรือเครื่องคำนวณบนหน้าจอที่ช่วยทดสอบแนวคิดและสังเกตผลลัพธ์ผู้เรียน โดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อทำการทดลองหลายชุดที่ให้ผลลัพธ์ที่แท้จริง ตัวอย่างเช่น การใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการที่ทำงานเกือบจะเหมือนกับในสภาพแวดล้อมจริง

ถนอมพร (2545: 57) กล่าวว่า ห้องปฏิบัติการเสมือน เป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ประเภทหนึ่งซึ่งเป็นการนำเสนอการจำลองบนหน้าจอ ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ในการทดสอบสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ รวมทั้งสังเกตผลที่ได้จากการทดสอบ สอดคล้องกับเจียนชิงหยู (Jian Qing Yu., 2550) กล่าวว่าปฏิบัติการเสมือนเป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างสถานการณ์เลียนแบบสถานการณ์จริง กำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการศึกษาหาความรู้ และฝึกทักษะการชำนาญ

นฤตล และคณะ (2552) ได้กล่าวว่า ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงหมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึก ปฏิบัติการเสมือนกับได้ลงมือปฏิบัติกับเครื่องมือที่ใช้ทดลองจริง โดยอาจเป็นลักษณะของการแสดงผลภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว หรือข้อความตัวอักษร ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามข้อมูลที่ผู้เรียนป้อนเข้า ประกอบกับเงื่อนไขต่าง ๆ ที่วางไว้

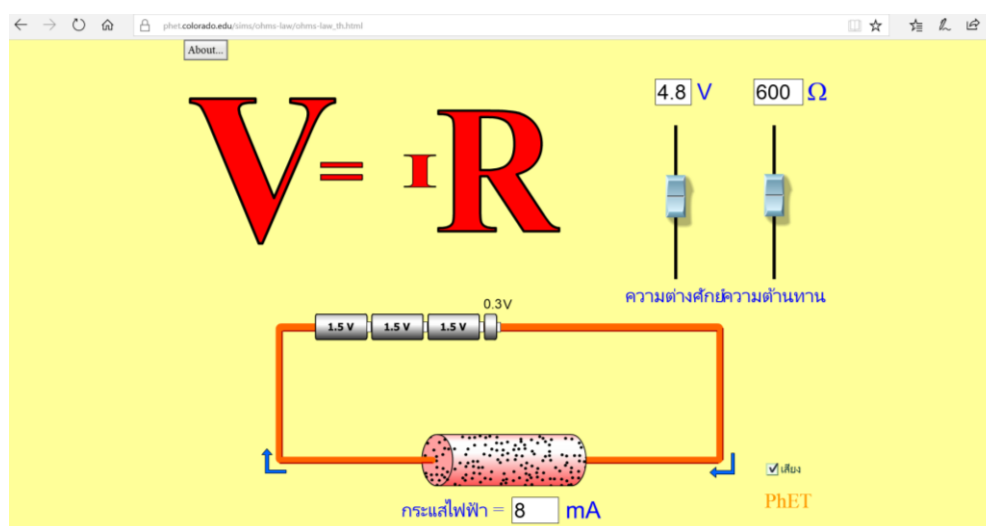
การปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการถือเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ผู้เรียนต้องมีความรู้ทางทฤษฎีและทักษะในการทดลองจริง แต่บางรายวิชานั้นมีผู้เรียนจำนวนมาก สถานศึกษาจะต้องลงทุนในการจัดการเรียนการสอนสูงทำให้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนารูปแบบของการปฏิบัติการทดลองที่นอกเหนือจากการปฏิบัติในห้องทดลอง ซึ่ง Tuttas J. และ Wagner B. (2001) ได้แบ่งลักษณะของการปฏิบัติการทดลองไว้ 3 รูปแบบ ได้แก่

1. การทดลองในห้องทดลอง (Local Labs) ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติการทดลองในห้องทดลองของสถานศึกษา ใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องทดลองร่วมกับเพื่อนในกลุ่มโดยมีพนักงานห้องทดลองและอาจารย์ประจำวิชาเป็นผู้ดูแล

2. การปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (Virtual Labs) เป็นการใช้ซอฟต์แวร์จำลองเลียนแบบอุปกรณ์การทดลองจริง เช่น เครื่องมือวัดต่าง ๆ หรือจำลองสถานการณ์การทดลอง สร้างการเคลื่อนไหวด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Animation) จะสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนและผู้เรียนได้ดีในการเรียนด้วยตนเองที่บ้าน หรือสถานที่ที่ผู้เรียนต้องการ

3. การปฏิบัติการทดลองออนไลน์ (Online Labs) เป็นการนำเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย เช่น อินเทอร์เน็ต อินทราเน็ต มาใช้ร่วมกับเครื่องมือปฏิบัติการทดลองจริง ผู้เรียนจะควบคุมเครื่องมือทดลองทางคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่าย การปฏิบัติการทดลองแบบนี้เป็นการผสมผสานระหว่างความรู้สึกในการปฏิบัติการทดลองจริงและความยืดหยุ่นเรื่องสถานที่เรียนของการปฏิบัติการทดลอง

ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เป็นห้องปฏิบัติการทดลองที่มีสภาพแวดล้อมที่จำเป็น และมีคุณภาพเช่นเดียวกับห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการทดลอง จริงทุกประการ แต่ไม่มีอาคาร สถานที่ และไม่มีการพบหน้ากัน (Face to face contact) ผู้เรียนสามารถทดลอง ผ่านระบบได้เสมือนปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการในสถานศึกษา จุดประสงค์ของการใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกปฏิบัติการ ทดลองทางวิศวกรรมศาสตร์ได้เพิ่มเติมจากการทดลองในห้องปฏิบัติการทดลองจริง อีกทั้งการทดลองบางประการมี ข้อจำกัดด้านงบประมาณ และอันตรายที่จะเกิดขึ้น การใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงจึงช่วยในการเรียนรู้ ช่วยเพิ่มจำนวนครั้งในการทดลอง ลดงบประมาณ และลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการทดลองด้วย



ภาพที่ 2-9 ห้องทดลองเสมือนจริงเรื่องกฎของโอห์ม

จากตัวอย่างการทดลองเสมือนตามภาพ 2-3 ผู้ทดลองสามารถเปลี่ยนขนาดของศักย์ไฟฟ้าหรือจำนวน ของถ่านไฟฉาย และสามารถเปลี่ยนขนาดของความต้านทานไฟฟ้าในวงจรได้ แล้วโปรแกรมจะคำนวณหา กระแสไฟฟ้าในวงจรแสดงตรงกรอบสี่เหลี่ยมด้านล่างของตัวต้านทานให้ จากการทดลองนี้ผู้ศึกษาจะเห็น ความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรได้ง่ายขึ้น

2.3.1.2 ประโยชน์ของห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

The Edvocate (2016), TalentLMS (2020) และ PraxiLabs (2018) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของห้องปฏิบัติการเสมือนจริง ดังนี้

1. ลดต้นทุน การซื้อเครื่องจำลองสำหรับการฝึกอบรม - และมีราคาแพง การที่ผู้เรียนหรือผู้ฝึกอบรมที่จะต้องมีการปฏิบัติจะได้รับการฝึกอบรมในพื้นที่จริงนั้นมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า และการบำรุงรักษาอุปกรณ์อาจจะเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าการบำรุงรักษาห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

2. รับประกันความปลอดภัย ในห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผู้เรียนสามารถทดลองได้ทุกรูปแบบโดยไม่ต้องเสี่ยงต่อการทำลายอุปกรณ์หรือทำร้ายตัวเอง และยังสามารถทดสอบสถานการณ์ต่าง ๆ เปรียบเทียบและพิจารณาว่าสถานการณ์ใดมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยไม่ต้องทดลองใช้ในชีวิตจริง

3. สร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่แท้จริงในชีวิต กระตุ้นให้นักเรียนทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ

4. เพิ่มความมั่นใจของผู้เรียน การทำงานกับสารอันตรายหรือการจัดการเครื่องจักรกลหนักอาจเป็นเรื่องที่น่าวิตกโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้เรียนหรือผู้ฝึกอบรมที่มีประสบการณ์น้อย เปิดโอกาสให้พวกเขาได้ฝึกฝนในสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการเสมือนจริงแบบโต้ตอบก่อนที่จะได้สัมผัสกับสภาพการทำงานในชีวิตจริง

5. เสนอการเรียนรู้แบบผสมผสาน การฝึกอบรมเสมือนจริงไม่จำเป็นต้องแทนที่การฝึกอบรมแบบเดิม รวมกันทำให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดีขึ้น ในห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผู้เรียนมีโอกาสที่จะประยุกต์ใช้สิ่งที่เรียนรู้ทั้งทางทฤษฎีทดลองและปฏิบัติได้หลายครั้งตามที่ต้องการ ผู้สอนสามารถมอบหมายโครงการแล้วมีการติดตามผลเพื่ออภิปรายผล

6. ดึงดูดผู้เรียน สร้างบรรยายการเรียนรู้และการนำเสนอสามารถลดความสำคัญลงได้เมื่อเป็นงานจริง ขจัดความเบื่อหน่ายเนื่องจากให้ความสนุกสนานในระหว่างการทดลอง เช่น การทดลองทางเคมีหรือโครงการก่อสร้าง คุณสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้โดยเปิดโอกาสให้พวกเขาทดสอบขั้นตอนเหล่านั้นในห้องปฏิบัติการเสมือน

7. ใช้เวลาในการทดลองไม่จำกัด ผู้เรียนสามารถทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งได้ตามต้องการ และฝึกฝนตามจังหวะของตนเอง นอกจากนี้ยังสามารถเร่งความเร็วในการฝึกได้เนื่องจากไม่ต้องรอก่อนที่อุปกรณ์บางอย่างจะพร้อมใช้งาน

8. อธิบายแนวคิดและขั้นตอนที่ซับซ้อน ทฤษฎีอาจเป็นนามธรรมเกินไปเมื่อคุณมองไม่เห็นว่ามันนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างไร แต่ในห้องทดลองเสมือนจริงผู้เรียนสามารถเล่นกับวงจรของดาวเคราะห์คนจรจัดกับเศรษฐกิจโลกหรือสร้างลูกผสมระหว่างสิ่งมีชีวิตสองชนิด คุณสามารถใช้ห้องทดลองเสมือนเพื่อจำลองระดับความซับซ้อนหรือนามธรรม

9. เพิ่มการสื่อสารระหว่างนักเรียนและผู้สอน และแลกเปลี่ยนเรียนรู้บนอินเทอร์เน็ตซึ่งช่วยในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์

10. เพิ่มอัตราการวิจัยทางวิทยาศาสตร์เนื่องจากช่วยประหยัดเวลาและความพยายามและช่วยให้นักวิจัยใช้เวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.1.3 หลักการออกแบบห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

Stahre, et al. (2019) ได้กล่าวถึงหลักการออกแบบห้องปฏิบัติการเสมือนจริง ซึ่งมีหลักการดังนี้

1. มีความชัดเจนเกี่ยวกับจุดประสงค์ของห้องปฏิบัติการเสมือนจริงและในบริบทใดที่คุณต้องการใช้ ผู้บริโภคสื่อโดยเฉพาะวัยรุ่นเป็นผู้ที่รู้เท่าทันสื่อและสามารถมองเห็นได้อย่างง่ายดาย ตัวอย่างเช่น การสาธิตเชิงเส้นที่สร้างทำเป็นห้องปฏิบัติการเชิงโต้ตอบ พิจารณาว่าคุณต้องการสร้างสื่อประเภทใดเช่นการจำลองห้องปฏิบัติการการสาธิตและอื่น ๆ ระบุให้ผู้ใช้ทราบอย่างชัดเจนว่าพวกเขา กำลังโต้ตอบกับอะไร

2. ออกแบบและเทคโนโลยีที่เรียบง่ายที่สุดที่เป็นไปได้โดยยังคงตอบสนองความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น สภาพแวดล้อมเสมือนจริง หรือแม้กระทั่งความจริงเสมือน แต่ความที่เรียบง่ายของเทคโนโลยีจะลดความเสี่ยงที่เทคโนโลยีขั้นสูงเกินไปจะถูกใช้เพื่อประโยชน์ของตัวเอง เทคนิคการดึงดูดสายตาส่วนใหญ่อาจไม่สัมพันธ์กับสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการแสดงเสมอไป

3. ปรับระดับความสมจริงและความถูกต้องให้เหมาะกับกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการรวมถึงผลการเรียนรู้ที่ตั้งใจไว้

4. พิจารณาการปรับปรุงห้องปฏิบัติการเสมือนจริงอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มผลการเรียนรู้ การให้ความช่วยเหลือเมื่อจำเป็นและเห็นภาพสิ่งที่ไม่สามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการจริงจะเป็นประโยชน์ สร้างความสมดุลให้กับข้อดีที่เป็นไปได้ของการมีห้องปฏิบัติการเสมือนจริงที่เลียนแบบการออกกำลังภายในห้องปฏิบัติการในชีวิตจริงอย่างใกล้ชิด

5. มีภาพประกอบซึ่งต้องการการสนับสนุนจากภายนอกในรูปแบบของการขึ้นข้อความอธิบายหรือการซักถามของครู ห้องปฏิบัติการเสมือนให้ประสบการณ์และการสังเกตแก่นักเรียน แต่ไม่จำเป็นต้องให้ความเข้าใจด้วยตัวเองเสมอไป คำแนะนำมักจำเป็นเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงภาพประกอบ

2.3.1.4 ความเหมาะสมของห้องปฏิบัติการจริง และห้องปฏิบัติการเสมือน

วัตถุประสงค์ของการเรียนวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ก็เพื่อให้ให้นักเรียนได้สำรวจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์, พัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีม, เกิดความสนใจ, พัฒนาทักษะความเข้าใจหลักการ (conceptual understanding), และพัฒนาทักษะการตั้งคำถาม, ฯลฯ ห้องปฏิบัติการจริง และห้องปฏิบัติการเสมือน ให้ผลตามวัตถุประสงค์ข้างบนได้คล้ายคลึงกัน แต่มีปัจจัยด้านที่ห้องปฏิบัติการจริงดีกว่า คือ

1. นักเรียนได้เรียนรู้ทักษะปฏิบัติการ ได้เรียนรู้จากสัมผัสตรง เกิดการเรียนรู้ตาม theories of embedded cognition ซึ่งก็คือเรียนรู้จากการใช้ร่างกายเข้าดำเนินการ และสัมผัสกับโลกแห่งความเป็นจริง ประสานกับการใช้สมองคิด

2. ต้องรอผลตามโลกของความเป็นจริง และต้องคิดวางแผนการทดลองขั้นต่อไปอย่างรอบคอบ เป็นส่วนของการเรียนรู้อย่างหนึ่ง

3. นักเรียนได้เรียนรู้ความเป็นจริง ด้านความซับซ้อน ของวิทยาศาสตร์ คือเกิดสิ่งที่ไม่คาดคิดได้เสมอ ทั้งด้านบวกและด้านลบ ด้านบวกคืออาจค้นพบสิ่งที่ไม่คาดคิด ด้านบวกคืออาจเกิดความผิดพลาด เช่นความผิดพลาดในการวัด (measurement errors) ในชีวิตจริง คนเราต้องเรียนรู้จากความผิดพลาดด้วย

4. ให้ความตื่นเต้นในการเรียนสูงกว่ามาก แต่ห้องปฏิบัติการเสมือน ก็มีข้อได้เปรียบหลายด้าน คือ (1) สามารถปรับแต่ง “ความเป็นจริง” (reality) ให้ง่ายเข้า เข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อนเกินไป อย่างของจริง (2) เรียนง่าย ใช้เวลาน้อย สามารถใช้เวลาทำการทดลองได้หลายการทดลองในเวลาไม่มาก ไม่ต้องเสียเวลารอผลการทดลอง และคิดไตร่ตรองวางแผนการทดลองต่อไปอย่างรอบคอบ (3) ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ จะช่วยตรวจสอบการทดลองเสมือนที่ไร้ประโยชน์ และส่งข้อมูลไปบอกนักเรียนให้วางแผนการทดลองใหม่ รวมทั้งให้ไตร่ตรองสะท้อนความคิดต่อการทดลองที่ไร้ประโยชน์นั้น (4) ครูสามารถใช้ข้อมูลการทดลองของนักเรียน (ในคอมพิวเตอร์) นำมาออกแบบการอภิปรายกลุ่มในห้องเรียน หรือเพื่อหาหรือการวางแผนบทเรียนต่อไป หรือใช้ตรวจสอบหากลุ่มนักเรียนที่ต้องการการการติวพิเศษ

5. นักเรียนสามารถทำแล้วทำอีกกี่ครั้งก็ได้ตามความพอใจเพื่อเรียนรู้ โดยใช้เวลาไม่มาก

6. ค่าใช้จ่ายน้อยกว่าห้องปฏิบัติการจริง เช่นในห้องปฏิบัติการจริงด้าน DNA gel electrophoresis จะแพงกว่าห้องปฏิบัติการเสมือนอย่างมากมาย

7. สามารถทดลองทำความเข้าใจสิ่งที่ทดลองจริงไม่ได้ เช่นทดลองเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กโลก ลองเปลี่ยนปริมาณการสะสมแก๊สเรือนกระจก ทดลองผลของอัตราเต้นของหัวใจ หรือความดันโลหิตที่สูงมาก ๆ ทั้งห้องปฏิบัติการจริง และห้องปฏิบัติการเสมือน จะประสบความสำเร็จเมื่อครูจัดใบงานให้นักเรียน และมีคำแนะนำ ออนไลน์ หรือโดยครู เพื่อฝึกให้นักเรียนเรียนรู้จากการเปรียบเทียบความคิดของตน กับผลของการทดลอง โดยให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง แล้วเปรียบเทียบกับผลที่เกิดขึ้นจริง

ทั้งห้องปฏิบัติการจริง และห้องปฏิบัติการเสมือน จะประสบความสำเร็จเมื่อครูจัดใบงานให้นักเรียน และมีคำแนะนำ ออนไลน์ หรือโดยครู เพื่อฝึกให้นักเรียนเรียนรู้จากการเปรียบเทียบความคิดของตน กับผลของการทดลอง โดยให้นักเรียนทำนายผลการทดลอง แล้วเปรียบเทียบกับผลที่เกิดขึ้นจริง (วิจารณ์, 2556)

2.3.2 วัตถุประสงค์ของห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

Indian Institute of Technology Delhi (2020) ได้พัฒนาห้องปฏิบัติการเสมือนจริงขึ้น และได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการจัดตั้งขึ้น ดังนี้

2.3.2.1 เพื่อให้การเข้าถึงห้องปฏิบัติการจากระยะไกลในสาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมต่าง ๆ ซึ่ง Virtual Lab จะรองรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรีระดับบัณฑิตศึกษาและนักวิชาการด้านการวิจัยได้

2.3.2.2 เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนทำการทดลองโดยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของพวกเขา สิ่งนี้จะช่วยพวกเขาในการเรียนรู้แนวคิดพื้นฐานและขั้นสูงผ่านการทดลองระยะไกล

2.3.2.3 เพื่อจัดเตรียมระบบการจัดการการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ประโยชน์จากเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับการเรียนรู้รวมถึงแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมบนเว็บ การบรรยายวิดีโอการสาธิตภาพเคลื่อนไหวและการประเมินตนเอง

2.3.2.4 เพื่อแบ่งปันอุปกรณ์และทรัพยากรที่มีราคาแพงซึ่งมีให้สำหรับผู้ใช้งานจำนวนจำกัด เนื่องจากข้อจำกัด ด้านเวลาและระยะทางทางภูมิศาสตร์

2.3.3 เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR)

2.3.3.1 ความหมายของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

Augmented Reality หรือ AR เป็นเทคโนโลยีที่ผสมโลกของความจริง (Real World) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual World) โดยใช้วิธีซ้อนภาพสามมิติที่อยู่ในโลกเสมือน ไปอยู่บนภาพที่เห็นจริง ๆ ในโลกของความจริง ผ่านกล้องดิจิทัล เว็บแคม หรืออุปกรณ์อื่น ๆ และให้ผลการแสดงผล ณ เวลาจริง (Real Time) ซึ่งในอนาคต AR จะเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในชีวิตประจำวันของสังคมที่จะเต็มไปด้วย สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์แบบพกพา (รักษพล, 2556) โลกเสมือนผสาน โลกจริง (Augmented Reality : AR) เป็นสื่อยุคใหม่ที่ได้รับความสนใจจากหลายประเทศ มีผู้ให้คำจำกัดความในลักษณะต่าง ๆ กัน ได้แก่

น้ำทิพย์ (2542) กล่าวว่า เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เป็นการใช้คอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งสร้างขึ้นเพื่อใช้งานเฉพาะอย่าง ความเสมือนจริงมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้อนข้อมูล คือ คีย์บอร์ด มีหน่วยประมวลผล หรือซีพียู มีหน่วยความจำและอุปกรณ์แสดงผล มีลักษณะเหมือนแว่นตา มีซอฟต์แวร์ที่ใช้กับเครื่องโดยเฉพาะ

พุทธิพงศ์ (2442) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นการใช้คอมพิวเตอร์สร้างสถานที่เทียมซึ่งดูเสมือนจริง สถานที่เหล่านี้เรียกว่า โลกเสมือน (Virtual World) ซึ่งเราสามารถสำรวจโลกได้อย่างเสรีไปในที่ที่ต้องการ และยังสามารถเคลื่อนย้ายวัตถุต่าง ๆ ได้เหมือนจริง ทั้งนี้เกิดจากการสร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิก 3 มิติทั้งสิ้น เพื่อสนองตอบประสาทสัมผัสของมนุษย์ทันทีในเวลานั้น คือ มีการ

เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทันทีตามการกระทำของผู้ใช้ และเมื่อเรากระทำบางอย่าง เช่น เข้าใกล้วัตถุ วัตถุ นั้นจะมีขนาดใหญ่ขึ้น

กิดานันท์ (2543) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นกลุ่มเทคโนโลยีเชิงตอบโต้ที่ผลักดันให้ผู้ใช้งานเกิดความรู้สึกเสมือนเข้าร่วมอยู่ภายในสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้อยู่จริง หากแต่มีการสร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์ พัฒนาการของความเป็นจริงเสมือนได้รับอิทธิพลมาจากแนวคิดง่ายๆ หากแต่มีอำนาจมากเกี่ยวกับการที่จะนำเสนอสารสนเทศอย่างไรให้ดีที่สุดนั่นคือ ถ้าผู้ออกแบบสามารถใช้ประสาทสัมผัสของมนุษย์ที่มีความค่อยเป็นค่อยไปในปฏิสัมพันธ์กับโลกทางกายภาพซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่ล้อมรอบตัวเราแล้ว มนุษย์ก็จะสามารถรับและเข้าใจสารสนเทศได้ง่ายขึ้นถ้าสารสนเทศนั้นกระตุ้นการรับรู้สัมผัสของผู้รับ

ยีน (2545) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นสถานะเสมือนจริงใช้อธิบายถึงโลกแห่งเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่สร้างภาพจำลองแบบหลายมิติให้กับผู้ใช้เสมือนเข้าไปอยู่ในสถานะนั้นจริง ๆ หรืออยู่ในนั้นได้ และเมื่อเข้าไปอยู่ในนั้นจะทำให้รู้สึกว่าได้ตกเข้าไปอยู่ในโลกแห่งความฝัน ภายในสภาพแวดล้อมแบบเสมือนจริงนี้

วิทยา (2545) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกที่ได้รับจากการสัมผัสของมนุษย์ เช่น ภาพ เสียง และองค์ประกอบอื่น ๆ เพื่อทำให้มนุษย์รู้สึกเหมือนกับได้อยู่ในสภาพแวดล้อมจริง และสามารถสัมผัสกับสภาพแวดล้อมนั้นได้

Ronald Azuma (1997) กล่าวถึง AR ว่าเป็นการรวมเอาความจริงและความเสมือนเข้าด้วยกัน (Real+Virtual) มีการปฏิสัมพันธ์ในเวลาจริง (Real Time) และเป็นการทำงานด้วยระบบ 3D

Paul Milgram & Fumio Kishino (1994) ได้อธิบายว่า AR เป็นความต่อเนื่องของการขยายสภาพความจริงไปสู่สภาพเสมือนหรือเป็นความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่างสภาพแวดล้อมที่เป็นจริง และสภาพแวดล้อมที่เสมือน อย่างไรก็ตามความหมายของ AR ยังไม่มีการนิยามที่แจ่มชัดแม้ว่าจะเป็นที่สนใจกันอย่างกว้างขวางก็ตาม

Feng Zhou (2008) ให้ความหมายว่า เป็นเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์สร้างภาพเสมือนซึ่งภาพที่สร้างขึ้นจะซ้อนทับกับวัตถุทางกายภาพในเวลาจริงซึ่งแตกต่างจากความเป็นจริงเสมือน (VR) ที่เป็นการสร้างภาพในรูปแบบดิจิทัล โดยที่ผู้ใช้จะถูกเข้าไปในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงได้สมบูรณ์แบบมากขึ้น ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับภาพเสมือนที่สร้างขึ้นด้วยวัตถุจริงในโลกจริงได้

พนิดา (2553: 169-170) กล่าวถึงเทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality: AR) ว่าเป็นประเภทหนึ่งของเทคโนโลยีเสมือนจริงที่มีการนำระบบเสมือนจริงมาผนวกกับ เทคโนโลยีภาพ เพื่อสร้างสิ่งที่เสมือนจริงให้กับผู้ใช้ และเป็นนวัตกรรมที่มีมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2004 จัดเป็นแขนงหนึ่งของงานวิจัยด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ว่าด้วยการเพิ่มภาพเสมือนของโมเดล สามมิติที่สร้างจากคอมพิวเตอร์ลงไปบนภาพที่ถ่ายมาจากกล้องวิดีโอ เว็บแคม หรือกล้องในโทรศัพท์มือถือ แบบเฟรมต่อเฟรมด้วยเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก ปัจจุบันเทคโนโลยี เสมือนจริงถูกนำมาประยุกต์ใช้กับ

ธุรกิจต่าง ๆ ทั้งด้านอุตสาหกรรม การแพทย์ การตลาด การบันเทิง การสื่อสาร โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงมาผนวกเข้ากับเทคโนโลยีภาพผ่าน ซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ และแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ ทำให้ผู้ใช้สามารถนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้ในการทำงานแบบออนไลน์ ที่สามารถโต้ตอบได้ทันทีระหว่างผู้ใช้กับสินค้าหรืออุปกรณ์ต่อเชื่อมแบบเสมือนจริงของโมเดล แบบสามมิติที่มีมุมมองถึง 360 องศา โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องไปสถานที่จริง

รักษพล (2555) กล่าวว่า Augmented Reality หรือ AR เป็นเทคโนโลยีที่ผสมโลกความจริง (Real World) เข้ากับโลกเสมือนจริง (Virtual World) โดยใช้วิธีซ้อนภาพสามมิติที่อยู่ในโลกเสมือนไปอยู่บนภาพที่เห็นจริง ๆ ในโลกของความเป็นจริง ผ่านกล้องดิจิทัลของแท็บเล็ต สมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ได้ผลการแสดงภาพ ณ เวลาจริง (Real World) ในอนาคตอันใกล้ AR กำลังจะเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในชีวิตประจำวันของสังคม ซึ่งเต็มไปด้วยสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และนวัตกรรมทางเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น Google Glass เป็นต้น

ไพฑูรย์ (2556) ให้ความหมายว่า เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเป็นเทคโนโลยีที่ผสมเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Reality) และความเสมือนจริง (Virtual) เข้าด้วยกันผ่านวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เว็บแคม คอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งภาพเสมือนจริงจะแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ มอนิเตอร์ โปรเจคเตอร์ หรืออุปกรณ์แสดงผล โดยภาพเสมือนจริงที่ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ชมได้ทันที มีทั้งที่เป็นภาพนิ่ง ภาพสามมิติ ภาพเคลื่อนไหวและรวมถึงภาพเคลื่อนไหวที่มีเสียงประกอบ ขึ้นอยู่กับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบ

อภิชาติ และภูวดล (2556: 2-3) กล่าวว่า เทคโนโลยีเสมือนย่อมาจากคำว่า Augmented Reality (AR) อ่านว่า “อ็อกเมนต์เท็ดเรียลลิตี้” เป็นการนำเอาภาพกราฟิกของคอมพิวเตอร์ของคอมพิวเตอร์ทั้งในรูปแบบที่เป็น 3D 2D หรือ Video มาซ้อนทับเข้ากับฉากหลังซึ่งเป็นภาพในเวลาจริง นอกจากนี้ยังกล่าวถึงความเป็นมาของ AR ว่ามีการใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศญี่ปุ่นเป็นอย่างมาก โดยเริ่มต้นแนวคิดนี้ตั้งแต่ปี 1990 และเป็นรูปธรรมในปี 1997 เป็นแนวคิดการผสมผสานสิ่งที่คอมพิวเตอร์แสดงผลด้วยตัวละครเสมือนกับพื้นหลังซึ่งเป็นโลกแห่งความจริงบนพื้นฐานของหลักการแกน 3 มิติ (X-Y-Z)

วิวัฒน์ (2556) ให้ความหมาย Augmented Reality หรือ AR ว่าเป็นเทคโนโลยีผสมระหว่างโลกการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเป็นจริง (Real World) เข้ากับการปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง (Virtual World) โดยผ่านเทคนิคการแสดงผลสามมิติจากกล้องเว็บแคม ทำให้เกิดการซ้อนทับระหว่างภาพ ในโลกแห่งความเป็นจริงกับภาพที่เกิดขึ้นในโลกเสมือน ซึ่งการผสมผสานของภาพนี้เกิดขึ้นจากการ ได้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันเป็นสำคัญ

จากที่กล่าวมาพอสรุปได้ว่า Augmented Reality : AR เป็นเทคโนโลยีที่นำระบบความจริงเสมือนมาผนวกกับเทคโนโลยีภาพเพื่อสร้างสิ่งที่เสมือนจริง โดยนำวัตถุเสมือน ข้อมูลสารสนเทศ

ต่าง ๆ ประกอบด้วยภาพนิ่ง ภาพสามมิติ (3D Object) ภาพเคลื่อนไหว วิดีโอ (VIDEO) เสียง (AUDIO) หรืออาจจะเป็นสื่อที่มีเสียงประกอบขึ้นอยู่กับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบ มีองค์ประกอบของฉากหลังเป็นภาพซึ่งมาจากสภาพแวดล้อมจริงในเวลาจริง ผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ เช่น เว็บแคม คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องแบบเฟรมต่อเฟรม ด้วยเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก ภาพเสมือนจริงจะแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ หน้าจอโทรศัพท์มือถือ หน้าจอแท็บเล็ต บนเครื่องฉายภาพ หรือบนอุปกรณ์แสดงผลอื่น ๆ ตามแผนการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ภาพที่ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนทันทีทั้งในลักษณะภาพนิ่ง สามมิติ ภาพเคลื่อนไหว เสียงประกอบ ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกว่าการเข้าถึงข้อมูล (Content) มีความน่าสนใจและความ เป็นจริงมากขึ้น

2.3.3.2 วิวัฒนาการของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

คำว่า Augmented Reality ถูกบัญญัติขึ้นโดย Tom Caudell and David Mizell ในโครงการที่ชื่อว่า Boeing's Computer Services' Adaptive Neural Systems Research and Development โดยเป็นการสร้างซอฟต์แวร์ที่ใช้ช่วยในการผลิตของบริษัทโบอิง ซอฟต์แวร์จำลองการจัดวางสายต่างๆ ไว้ภายในอาคาร (Kipper, 2013)

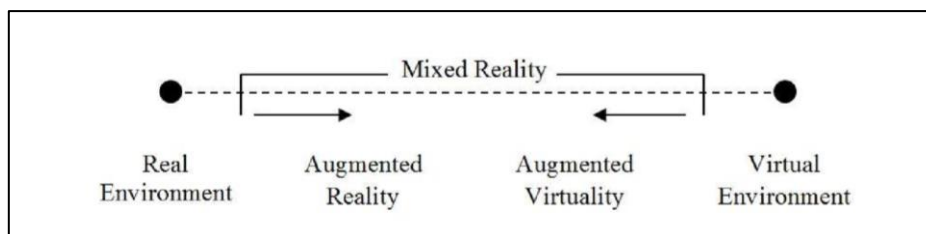
ปี ค.ศ.1962 ได้มีการพัฒนาเครื่อง Sensorama โดย Morton Heilig เป็นแบบจำลองรูปร่างคล้ายกับรถมอเตอร์ไซด์ที่ให้การตอบสนองทางประสาทสัมผัส อาทิ ภาพ เสียง การสั่นสะเทือน (Heilig & Beach, 1962; Kipper, 2013)

ปี ค.ศ. 1968 Ivan Sutherland ได้คิดค้นอุปกรณ์เสมือนจริงขึ้นแรก เรียกว่า The Sword of Damocles Head Mounted Display และได้ออกแบบระบบ AR ขึ้นแรก เรียกว่าหัวที่สวมพร้อมติดจอแสดงผล หรือ HMD (Azuma et al., 2001; Carmigniani & Burko, 2011; Höllerer & Feiner, 2004; Poupyrev et al., 2002; Vallino, 1998)

ปี ค.ศ. 1985 Krueger และคณะได้พัฒนาระบบ VIDEOPLACE ซึ่งเป็น ระบบแรกที่ใช้สามารถโต้ตอบกับวัตถุเสมือนในโปรแกรมแบบเรียลไทม์ (Krueger et al., 1985)

ปี ค.ศ. 1992 Tom Caudell และ David Mizell ได้บัญญัติคำว่า Augmented Reality ขึ้นในโครงการที่ชื่อว่า Boeing's Computer Services' Adaptive Neural Systems Research and Development โดยเป็นการสร้างซอฟต์แวร์ที่ใช้ช่วยในการผลิตของ บริษัทโบอิง ซอฟต์แวร์ จำลองการจัดวางระบบสายต่างๆ ไว้ภายในอาคาร (Kipper, 2013)

ปี ค.ศ. 1994 Paul Milgram และ Fumio Kishino ได้ให้นิยามของคำว่า Augmented Reality และ Virtual Reality ดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-10 Milgram's Augmented Reality Continuum (Azuma et al,2001)

ปี ค.ศ. 2000 มีการสร้างเกม AR บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ mAR ครั้งแรก ขึ้นที่ University of South Australia โดยโธมัส และคณะ (Thomas et al, 2002) ได้พัฒนาเกม ชื่อ ARQuake ขึ้น แนวความคิดทั้งหมดของ ARQuake คือการให้ผู้ใช้สามารถเข้ามามีส่วนร่วมกับ เกมในสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้โดยสภาพแวดล้อมที่อยู่ในเกม ARQuake จำลองมาจากอาคารต่างๆ ของ Mawson Lake campus ของ University of South Australia

ปี ค.ศ. 2008 มีการพัฒนาแอปพลิเคชันชื่อ Wikitude ขึ้นบนอุปกรณ์ เคลื่อนที่อย่างโทรศัพท์มือถือ Wikitude เป็นโปรแกรมนำทางที่ช่วยให้คนขับรถไปยังสถานที่ ต่าง ๆ โดยใช้เพียงแค่โทรศัพท์มือถือ

ในช่วงแรกการพัฒนาเทคโนโลยี Augmented Reality เป็นการพัฒนาเพื่อใช้งานทางการทหาร คือ ระบบการลงจอดและการนำวิถีของอาวุธจากเครื่องบินขับไล่ ซึ่งจะแสดงภาพจริงที่ได้จากกล้อง และคอมพิวเตอร์กราฟิกที่บอกพิกัด ระดับ และข้อมูลต่าง ๆ ที่สำคัญ และจำเป็นต่อนักบิน เพื่อ ประกอบการตัดสินใจและเห็นผลลัพธ์การทำงานต่าง ๆ อย่างทันท่วงที ซึ่งเทคโนโลยี AR มีประโยชน์ มากในการเพิ่มความเชื่อมั่น และแม่นยำ ในการควบคุมและตัดสินใจให้กับนักบิน (ก้องเกียรติ, 2557 : 2)

2.3.3.3 ประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สามารถแบ่งประเภทตามส่วนวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็น 2 ประเภท (รักษพล, 2555) ได้แก่

1. การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัยมาร์คเกอร์เป็นหลักในการทำงาน (Marker Based Augmented Reality) ส่วนใหญ่ใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ด้วยการเขียนรหัสการใช้งานเพื่อให้เกิดเป็นภาพ 3 มิติใน รูปแบบต่าง ๆ หรือในบางครั้งก็เป็น QR Code ซึ่งถือว่าเป็นรูปแบบการนำเสนอที่ได้รับความนิยม มากที่สุดรูปแบบหนึ่ง เพราะเป็นหลักการที่ง่ายต่อการปฏิบัติและสะดวกในการผลิตเนื้อหาที่สุด

2. การวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่าง ๆ ที่อยู่ในภาพมาวิเคราะห์ (Marker-less Based Augmented Reality) เช่น ใช้ระบบพิกัด (Location-based) ผ่านสมาร์ทโฟน ที่มีเข็มทิศในตัว AR ประเภทนี้เด่นที่สุด ได้แก่ แอปพลิเคชัน Laryar

2.3.3.4 องค์ประกอบหลักของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

พนิดา (2552 : 169-175) กล่าวว่า องค์ประกอบหลักของเทคโนโลยีความจริงเสริมแบบอาศัยมาร์คเกอร์ในการทำงาน ประกอบด้วย

1. มาร์คเกอร์ (Marker) หรือเรียกว่ามาร์คอัพ (Markup) หรือเออาร์โค้ด (AR-Code)
2. ตัวจับสัญญาณภาพ เช่น กล้องวิดีโอ กล้องเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือหรือ ตัวจับสัญญาณ (Sensor) อื่น ๆ
3. ส่วนแสดงผล เช่น จอภาพคอมพิวเตอร์ จอภาพคอมพิวเตอร์ จอภาพโทรศัพท์มือถือ
4. ซอฟต์แวร์ในส่วนการประมวลผลเพื่อสร้างภาพหรือวัตถุแบบสามมิติ

พื้นฐานหลักของ AR จำเป็นต้องรวบรวมหลักการของการตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Detection) การตรวจจับการเต้นหรือการเคาะ (Beat Detection) การจดจำเสียง (Voice Recognize) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยนอกจากการตรวจจับการเคลื่อนไหวผ่าน Motion Detect แล้วการตอบสนองบางอย่างของระบบผ่านสื่ออื่นนั้น ต้องมีการตรวจจับเสียงของผู้ใช้และประมวลผลด้วยหลักการ Beat Detection เพื่อให้เกิดจังหวะในการสร้างทางเลือกแก่ระบบ เช่น เสียงในการสั่งให้ตัว Interactive Media ทำงาน ทั้งนี้การสั่งการด้วยเสียงจัดว่าเป็น AR และในส่วนของการประมวลผลภาพนั้น เป็นส่วนเสริมจากงานวิจัย ซึ่งเป็นส่วนย่อยของ AR เพราะเน้นไปที่การทำงานของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent : AI) ในการสื่อสารอารมณ์กับผู้ใช้บริการผ่านสีและรูปภาพ

อภิชาติ และภูวดล (2556: 4-8) กล่าวว่า องค์ประกอบของเทคโนโลยีเสมือนจริงตามหลักการทำงานเป็น 4 ส่วน คือ

1. AR-Marker คือ ส่วนที่กำหนดมุมมองและตำแหน่งในการวางวัตถุเสมือนให้กับคอมพิวเตอร์ โดยมีหลักการออกแบบว่าต้องเป็นกรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปภาพในไม่ซับซ้อนหรือเล็กเกินไป รูปภายในจะต้องมองในมุมทั้งสี่มุม จะต้องมีความแตกต่างกันหมดทุกมุมมองกระดาศที่ใช้ในการพิมพ์ควรใช้กระดาศไม่มันหรือสะท้อนแสง
2. กล้อง Webcam หรือกล้องแสดงภาพจริง ทำการจับภาพของ AR-Marker เพื่อส่งให้คอมพิวเตอร์ประมวลผล
3. เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งบรรจุโปรแกรมที่ทำการวิเคราะห์หา AR-Marker จากนั้นเลือกนำวัตถุเสมือนที่ได้ระบุไว้ตรงกับ AR-Marker

4. หน้าจอแสดงผลทำหน้าที่แสดงผลในเวลาจริงและวัตถุเสมือนที่ได้ทำการวางไว้ที่กล้องคอมพิวเตอร์ขึ้นมาแสดง

Ronald (1997) กล่าวว่า องค์กรประกอบสำคัญของเทคโนโลยีเสมือนจริงไว้ว่าจะต้องประกอบด้วยสิ่งสำคัญ 3 สิ่งด้วยกัน คือ มีความเสมือนจริง (Combines Real and Virtual) มีปฏิสัมพันธ์ในเวลาจริง (Interactive in Real Time) และมีลักษณะเป็น 3 มิติ (Registered in 3D)

2.3.3.5 กระบวนการของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

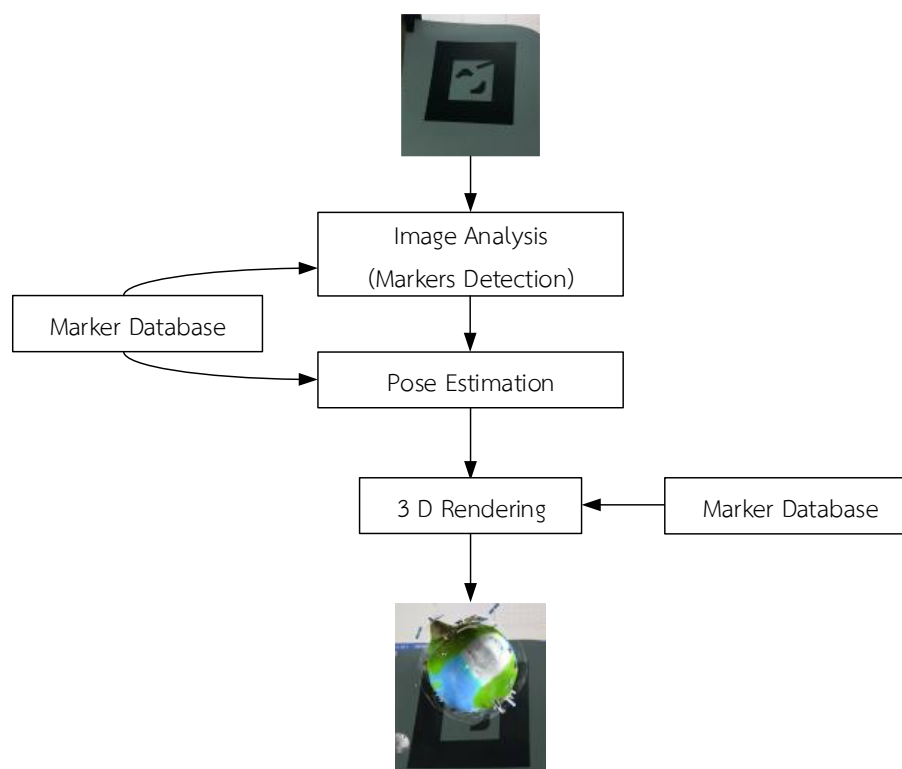
อภิชาติ และภวดี (2556: 2-3) กล่าวว่า กระบวนการภายในของเทคโนโลยีความจริงเสริมประกอบด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่

1. การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหามาร์คเกอร์ (Marker) จากภาพที่ได้จากกล้องแล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลและรูปแบบของมาร์คเกอร์ เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของมาร์คเกอร์

2. การคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ (Pose Estimation) ของมาร์คเกอร์เทียบกับกล้อง

3. กระบวนการสร้างภาพสองมิติจากโมเดลสามมิติ (3D Rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิงสามมิติที่คำนวณได้ จนได้ภาพกราฟิกไปซ้อนทับรูปจริง

พื้นฐานหลักของ AR จำเป็นต้องรวบรวมหลักการของการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับการเต้นหรือการเคาะ การจดจำเสียง และการประมวลผลภาพ โดยนอกจากการตรวจจับการเคลื่อนไหวผ่าน Motion Detect แล้วการตอบสนองบางอย่างของระบบผ่านสื่อนั้นต้องมีการตรวจจับเสียงของผู้ใช้และประมวลผลด้วยหลักการ Beat Detection เพื่อให้เกิดจังหวะในการสร้างทางเลือกแก่ระบบ เช่นเสียงในการสั่งให้ตัว Interactive Media ทำงานทั้งนี้การสั่งการด้วยเสียงจัดว่าเป็น AR และในส่วนของการประมวลผลภาพนั้นเป็นส่วนเสริมจากงานวิจัยซึ่งเป็นส่วนย่อยของ AR เพราะเน้นไปที่การทำงานของปัญญาประดิษฐ์ ในการสื่อสารอารมณ์กับผู้ใช้บริการผ่านสีและรูปภาพ



ภาพที่ 2-11 กระบวนการทำงานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

2.3.3.6 บทบาทของเทคโนโลยีเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

เทคโนโลยีเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในปัจจุบันได้เข้ามามีบทบาทให้หลายด้าน (วิวัฒน์, 2554) ดังนี้

1. ด้านการเกมและความบันเทิง เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสามารถนำมาใช้ เพื่อเสริมสร้างการเล่นเกมและความบันเทิง โดยเฉพาะเกมที่มีรูปแบบเล่นตามบทบาท หรือ เกมอาร์ พีจี (Roleplaying game : RPG) ซึ่งในอนาคตสามารถนำไปรวมกับระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อให้ผู้เล่นมีความรู้เสมือนอยู่ในสภาพแวดล้อมจริง ผู้เล่นเกิดความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งในเกมและความบันเทิงรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเสมือนจริง รับรู้ได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งหรือเป็นตัวละครในเกม สำหรับด้านความบันเทิง ระบบเสมือนจริงผสมผสานกับโลกจริงสนับสนุนการนำเสนอสินค้า การแสดงละคร การโต้ตอบขององค์กรธุรกิจ

2. ด้านการศึกษา เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สามารถนำมาประยุกต์ใช้ ร่วมกับเทคโนโลยีอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษา ให้ข้อมูลสาระที่ด้านการศึกษากับผู้เรียนได้ทันที ผู้เรียนได้สัมผัสประสบการณ์ใหม่ในมิติที่เสมือนจริง ผู้เรียนเกิดกระบวนการร่วมกันเรียนรู้ รูปแบบ การเรียนรู้ปรับเปลี่ยนเป็นเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมากขึ้น เข้าใจลึกซึ้งในสิ่งที่ต้องการเรียนรู้

3. การรักษาความปลอดภัยและการป้องกันประเทศ การนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาใช้งานด้านการทหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Office of Naval Research and Defense Advanced Research Projects Agency หรือ DARPA ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นกลุ่มผู้บุกเบิกระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม นำมาใช้ในการฝึกให้กับทหาร ให้เกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับ สภาพแวดล้อมของพื้นที่ ข้อมูลต่างๆ ในพื้นที่รบ สามารถนำมาใช้ฝึกการเคลื่อนไหวของกองกำลังและ วางแผนการเคลื่อนกำลังของทหารในฝ่ายเดียวกันและศัตรูในพื้นที่สงครามเสมือนจริง และความเป็นจริงเสริมยังมีบทบาทสำคัญในการบังคับใช้กฎหมายและหน่วยงานข่าวกรอง ระบบจะช่วยให้ เจ้าหน้าที่ตำรวจสามารถสร้างมุมมองที่สมบูรณ์ในรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลพื้นที่ลาดตระเวน

4. ทางกายภาพ ระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสามารถนำมาใช้ทางด้าน ศัลยกรรมทางระบบประสาทสัมผัสการรับรู้ ส่งผลให้การดำเนินการการผ่าตัดที่มีความเสี่ยงเกิดขึ้น น้อยลงได้และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมยังสามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์ ทางกายภาพอื่น ๆ เช่น เครื่อง X-ray หรือ MRI เพื่อให้แพทย์ได้วินิจฉัยทางการแพทย์หรือ การตัดสินใจสมบูรณ์มากขึ้น นอกจากนี้ทางด้านสุขภาพจิต เสมือนจริงผสมกับโลกจริงเป็น เครื่องสำคัญในด้านสุขภาพจิตที่สามารถช่วยให้ผู้ป่วยสามารถเอาชนะสถานการณ์ที่ท้าทาย ที่เป็น อุปสรรคทางการรับรู้และเรียนรู้ของผู้ป่วย เช่น การกลัวความสูง การสนทนาในที่สาธารณะ ความสัมพันธ์กับเพศตรงข้าม เป็นต้น

5. ทางด้านธุรกิจ สามารถนำเทคโนโลยีเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาใช้ใน งานที่เกี่ยวข้อง งานอาคารและสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ เป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการโครงการก่อสร้าง การเก็บข้อมูลภาคสนามโดยเฉพาะทีมงานสำรวจทางธรณีวิทยาสามารถทำงานผ่านระบบโลกเสมือน ผสมผสานโลกจริงได้ ซึ่งระบบจะสามารถนำภาพความเป็นจริงเสริม ที่ได้ ทับซ้อนกัน ระหว่างวัตถุเสมือนจริงของงานก่อสร้างหรือวัสดุต่าง ๆ ที่ต้องการออกแบบและตรวจสอบความถูกต้อง ที่แน่นอนกับภาพจริงที่เกิดขึ้นของพื้นที่ก่อสร้าง ช่วยให้วางแผนการตัดสินใจก่อสร้างได้อย่าง เหมาะสม

2.3.3.7 การใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงทางการศึกษา

Pantida (2012: 137) กล่าวว่า ขั้นตอนการสร้างเทคโนโลยีเสมือนจริงในหนังสือสำหรับการศึกษาร่างกายมนุษย์ โดยแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. การสร้างโมเดลโครงสร้างร่างกายมนุษย์ 3 มิติ (Create 3D-Anatomical Models) โครงสร้างร่างกายมนุษย์ดังกล่าวสร้างจากโปรแกรม Autodesk 3ds Max9 โดยการสร้างโมเดลดังกล่าวจะผ่านการรับรองจากแพทย์ นักวิชาการ และศิลปิน ว่าโมเดล 3 มิติดังกล่าวมีความถูกต้องเหมาะสม สวยงาม

2. นำไฟล์โมเดลดังกล่าวออกมาให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์ Collada ซึ่งลักษณะโมเดลจะส่งเสริมการศึกษาแบบร่วมมือที่ผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับโมเดลดังกล่าวได้

3. สร้างเทคโนโลยีเสมือนจริงด้วยโปรแกรมเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม FLARManager Livbraries Version 1.1.0 ซึ่งทำงานร่วมกับไฟล์ Collada

4. สร้างมาร์กเกอร์ โดยมาร์กเกอร์จะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมสีขาว-ดำ

5. พิมพ์มาร์กเกอร์ในรูปแบบเอกสาร ซึ่งผู้สร้างสามารถพิมพ์มาร์กเกอร์โปรแกรมวาดภาพทั่วไปหรือ Adobe Illustrator หรือ Adobe Photoshop โดยผู้สร้างควรบันทึกไฟล์มาร์กเกอร์ในรูปแบบ pattern (.pat)

6. โหลดไฟล์ Collada ทั้งหมดลงในโปรแกรมเทคโนโลยีเสมือนจริงแล้วใช้งาน

Markus, Wang & Lee (2012: 2-5) ได้เสนอแนะวิธีการออกแบบเทคโนโลยีเสมือนจริงสำหรับการเรียนการสอนตามหลักการการศึกษابันเทิง โดยผู้วิจัยได้สรุปลักษณะที่สำคัญในการออกแบบเทคโนโลยีเสมือนจริงทางการศึกษาไว้ดังนี้

1. ควรเลือกใช้อุปกรณ์ส่งเสริมการทำงานที่คล่องตัว (Mobile) ใช้งานได้ง่ายและตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

2. ขั้นตอนการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงไม่ซับซ้อน ใช้สัญลักษณ์การใช้งานที่เป็นสากลสามารถสื่อความหมายกับผู้เรียนได้ง่าย

3. ควรออกแบบเทคโนโลยีเสมือนจริงให้สอดคล้องกับภูมิหลังของผู้เรียน หรือแน่ใจว่าผู้เรียนเคยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง หรือมีการทดสอบผู้เรียนก่อนสร้างเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อให้สามารถออกแบบเทคโนโลยีเสมือนจริงได้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน

4. ควรแน่ใจว่าผู้เรียนทุกคนสามารถใช้งานเทคโนโลยีเสมือนจริงได้

5. สัญลักษณ์หรือข้อมูลต่าง ๆ ควรมีสีสันสดใส และกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจ เนื่องจากสีจะช่วยให้ผู้เรียนต้องการเรียนหรือใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงได้นานกว่าสีขาว-ดำ

Steve, Gallayane & Erik (2011: 126-127) กล่าวว่า บทบาทของเทคโนโลยีเสมือนจริงด้านการศึกษามีไว้ว่า เทคโนโลยีเสมือนจริงช่วยส่งเสริมการศึกษามากโดยเฉพาะอย่างยิ่งทำให้เกิดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ (Learning Environments) ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน ช่วยนำเสนอประสบการณ์ที่ผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นได้ เช่น สภาพภูมิศาสตร์ สภาพภายในร่างกายของมนุษย์ สถานการณ์จำลองต่าง ๆ ส่งเสริมความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรม ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และระหว่างผู้เรียนด้วยตนเอง ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ มีการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการเรียนการสอนในหลายแขนง เช่น การฝึกอบรมทางการแพทย์ การจำลองการสำรวจวิศวกรรมเครื่องกล การออกแบบสถาปัตยกรรมจากการศึกษา ข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าเทคโนโลยีเสมือนจริงเป็นการนำข้อมูลดิจิทัล ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของข้อความ รูปภาพ ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว เสียง คลิปวิดีโอและโมเดล 3 มิติ มาผนวกซ้อนทับสัญลักษณ์หรือมาร์กเกอร์ โดยใช้

สภาพแวดล้อมจริงในเวลาจริงเป็นฉากหลังแสดงข้อมูลนั้น นอกจากนี้ยังสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ผ่านโปรแกรมเทคโนโลยีเสมือนจริงผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

2.3.3.8 แอปพลิเคชันที่ให้บริการเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ปัจจุบันมีหลายแอปพลิเคชันที่ให้บริการเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ได้แก่

Aurasma เป็นแอปพลิเคชันที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากให้บริการฟรีทั้งผู้ใช้และผู้พัฒนาและสามารถอัปโหลดคลิปได้อย่างไม่จำกัด ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจาก App Store (iOS) และ Play Store (Android)

Layar เป็นแอปพลิเคชันที่ได้รับความนิยม เพราะง่ายต่อการใช้งานและการพัฒนาสื่อ AR สามารถนำลิงก์จาก Youtube มาใช้ได้ สามารถโหลดแอปพลิเคชันมาใช้ฟรี แต่ผู้พัฒนาจะให้สิทธิ์ในการอัปโหลด 3 ไฟล์แรกฟรี หลังจากนั้นต้องเสียค่าใช้จ่าย

Wikitude เป็นเครื่องมือที่เป็นเสมือนตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่าง AR work (เนื้อหาที่แสดงผลออกมาในลักษณะสามมิติ) และ Wikitude World Browser มีข้อดีคือผู้ใช้งานสามารถสร้าง AR application โดยไม่จำเป็นต้องมีประสบการณ์ในการสร้างงาน AR มาก่อน

Metaio เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการสร้างงาน AR สามารถสร้างเป็นแอปพลิเคชันสำหรับ iPhone, Android, Symbian และ Windows Mobile สามารถสร้างงานโดยใช้เทคโนโลยี Augmented Reality (AR) ออกมาในหลาย ๆ ลักษณะ อาทิ 2D texture/image tracking, 3D object tracking, marker tracking, GPS tracking plug-ins, video support and web-based rendering engine เช่น Sayduck (www.sayduck.com) คิดค้นเทคโนโลยีให้กับผู้ขายเฟอร์นิเจอร์รายใหญ่ออย่าง IKEA โดยให้ลูกค้าสามารถ ทดลองเลือกวางชิ้นเฟอร์นิเจอร์ลงบนตำแหน่งที่จริงได้ โดยใช้กระดาษตัว Marker วางไว้ที่พื้นในตำแหน่งที่ต้องการวางเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งตัวแอปยังสามารถสร้างแสงเงาได้กลมกลืนตาม สภาพแวดล้อมจริง

ARToolKit เครื่องมือชนิดนี้ ผู้ใช้งานต้องมีความรู้ด้านการเขียนภาษาซี โดยจุดเด่นของเครื่องมือชนิดนี้ คือ สามารถกำหนดให้กล่องที่ใช้ในการอ่าน Code คำนวณตำแหน่งและลักษณะการแสดงผลของวัตถุสามมิติที่จะมีการปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งมุมมองของกล้องด้วย AR Project ที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นผลผลิตจากการใช้เครื่องมือชนิดนี้ ได้แก่ 3D-Live, AR Groove, FaiMR, MagicBook, and PyARTK (Billinghurst, Kato and Poupyrev, 2001)

Blippar เป็นบริษัทผู้ทำแอปด้าน AR รายใหญ่ได้ร่วมมือกับ Total Film Magazine ในการทำให้คอนเท้นท์ในนิตยสารแสดงข้อมูลแบบ AR ออกมาได้ในจุดที่ต้องการ เช่น เมื่อผู้อ่านนิตยสารเปิดมาถึงหน้ารีวิวนางใหม่จะสามารถเปิดดูวิดีโอคลิปตัวอย่างหนัง (Trailer) หรือเบื้องหลังการถ่ายทำ (Behind the Scene) หรือถ้าถูกใจหนังเก่าเรื่องไหนก็สามารถใช้ระบบ m-Commerce สั่งซื้อ DVD

มาได้ทันที นอกจากนี้ยังมีลูกเล่นอื่นอีกหลายอย่าง เช่น ร่วมสนุกชิงตั๋วหนังฟรี หรือสมัครสมาชิก ได้ลดราคา เป็นต้น

Zappar เป็นโปรแกรมออนไลน์สำหรับพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality) Zappar พัฒนาขึ้นโดย Dr. Simon Taylor และ Connell Gauld จากมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ประเทศอังกฤษ ได้รวมก่อตั้งขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.2007 สร้างสำเร็จและปล่อยแอปพลิเคชันเมื่อปี ค.ศ.2011 ในปี ค.ศ.2013 ได้มีการผลิตคิดค้น Zapcode ขึ้น และในปี ค.ศ.2014 เปิดให้บุคคลทั่วไปสามารถสร้าง Zapcode เองได้ ซึ่งสามารถสร้าง Zapcode ผ่านเว็บไซต์ <https://zap.works/>

โปรแกรม Vuforia เป็นโปรแกรมฟรีบนเทคโนโลยีคลาวด์ ใช้สำหรับพัฒนาฐานข้อมูล (Database) และรหัส (License) ของแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality: AR) ที่ต้องการพัฒนา มีระบบการพัฒนา SDK ที่รองรับการทำงานได้ทั้งรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ

โปรแกรม Unity 3D เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในหลากหลาย ได้แก่ การสร้างเกม 2 มิติ การสร้างเกม 3 มิติ การสร้างเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality: AR) และเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) โดยทำงานร่วมกับโปรแกรม Vuforia และ Visual Studio ในการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C# เพื่อกำหนดคำสั่งการทำงานที่เฉพาะเจาะจง สามารถรองรับการทำงานได้หลายมาร์คเกอร์ ทำให้นักพัฒนาสามารถเพิ่มเนื้อหาดิจิทัลเข้าไปได้ไม่จำกัด และสามารถส่งออกเป็นเว็บ HTML5 และแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการต่างๆ เช่น Windows, iOS และ Android สามารถนำไปติดตั้งในสมาร์ทโฟนได้ทันที และสามารถเลือกแสดงผลในรูปแบบเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) หรือเทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) ก็ได้ (Fuguo Peng and Jing Zhai, 2017 and Guoli Wu and et al., 2019)

2.3.3.9 การจัดการเรียนรู้ด้วยโลกเสมือนผสมผสานโลกจริง

องค์ประกอบในการจัดการเรียนรู้

วิวัฒน์ (2554) สรุปองค์ประกอบสำคัญในการจัดการเรียนรู้ด้วยโลกเสมือนผสมผสานโลกจริงเพื่อให้ผู้เรียนได้ปรับตัวเข้ากับความต้องการของผู้เรียนสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน โดยได้รับการสนับสนุนด้วยการกำหนดบทบาทของครูผู้สอนและกระบวนการเรียนรู้ ประกอบด้วย

1. บทบาทครู ครูทำหน้าที่ออกแบบ พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดและอธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียน ครูดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน หากเป็นไปได้ควรดำเนินการออกแบบ พัฒนากิจกรรมก่อนที่จะจัดการรู้จริงของผู้เรียน และสลับกลับไปมาระหว่างการเรียนรู้ โดยต้องสะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายในการสร้างองค์ความรู้ ครูจะสอนหนึ่งคนหรือหลาย ๆ คนก็ได้

2. การสอนแบบปกติ ควรจัดการเรียนรู้โดยออกแบบและพัฒนาที่เรียกว่า “Played” เป็นพื้นที่ในการทำกิจกรรม มีบริเวณให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้าทั้งแบบเดี่ยวและแบบกลุ่ม ร่วมกับการให้

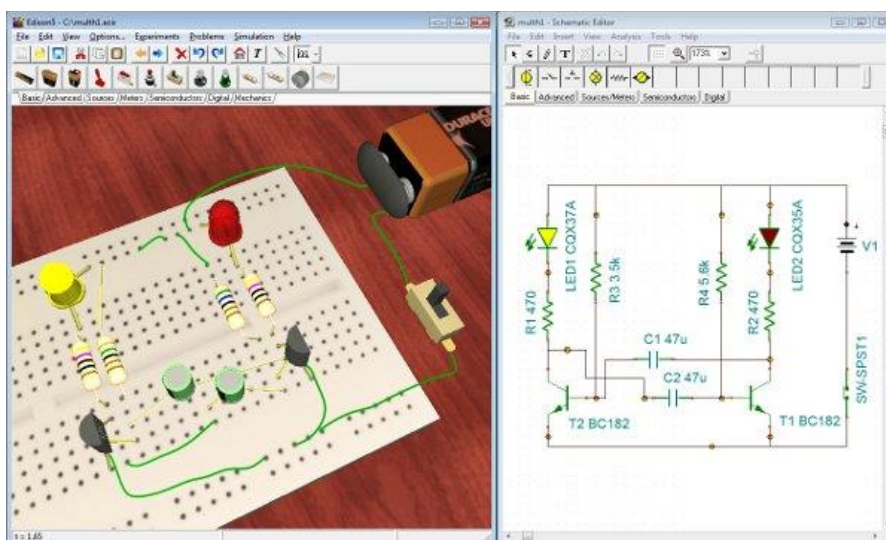
คำอธิบายของครูผู้สอน และเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองตามกระบวนการหรือเนื้อหาที่ได้กำหนดไว้ก่อนหน้า ตลอดจนให้ผู้เรียนได้ทำซ้ำ ๆ โดยได้รับคำแนะนำจากครูผู้สอน

3. การสอนแบบอัตโนมัติ ส่วนนี้เป็นการให้ผู้เรียนได้ดำเนินการหรือจัดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ศึกษา โดยได้รับฟังคำอธิบายที่บันทึกไว้ล่วงหน้าของตามขั้นตอน สร้างกระบวนการแสวงหาคำตอบ ให้คำแนะนำกันเองของผู้เรียน มีการบันทึกการสนทนา การพูดคุย หรือการใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ที่ส่งผลผู้เรียนเกิดความเข้าใจในโครงสร้างความรู้ของตนเอง และควรส่งเสริมหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีการทำซ้ำ ๆ อีกครั้งได้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง

4. การทดสอบและประเมิน เมื่อผู้เรียนดำเนินการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ตั้งแต่เริ่มต้น จนจบ ในขั้นสุดท้ายควรมีการตรวจสอบผลการเรียนรู้ และทำการบันทึกผลการทดสอบต่าง ๆ ที่ได้ หรือการเก็บข้อมูลจากการสังเกตของผู้สอนและการประเมินตนเองของผู้เรียน

2.3.4 ตัวอย่างห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมหรือโปรแกรมจำลองการทำงานวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (โปรแกรม Edison)

โปรแกรม Edison เป็นโปรแกรมสำหรับจำลองการทำงานวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแสดงผลการทำงานด้วยรูปภาพได้อย่างชัดเจน สามารถออกแบบวงจรได้ตามต้องการ เป็นการจำลองสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบใหม่ แบบกราฟิก 3D เรียลไทม์และส่วนประกอบ 3D ที่เหมือนจริง สำหรับวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ใช้งานสามารถใช้หน้าจอแล็ปท็อปมีเดีย มีเครื่องมือวัดค่าสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น Multimeter , Oscilloscope , Signal Analyzer เป็นต้น มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แบตเตอรี่ ตัวต้านทาน ไดโอด ไฟ LED ทรานซิสเตอร์ ลอจิก flip-flop และไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นต้น



ภาพที่ 2-12 โปรแกรม Edison

2.4 ทักษะวิศวกรรม

วิศวกรรมศาสตร์เป็นสาขาความรู้และวิชาชีพเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ประยุต์วิทยา (เทคโนโลยี) วิทยาศาสตร์และความรู้ทางคณิตศาสตร์ American Engineers' Council for Professional Development ได้ให้นิยามเกี่ยวกับวิศวกรรมศาสตร์เอาไว้ดังนี้ วิศวกรรมศาสตร์คือการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เพื่อการออกแบบและพัฒนาโครงสร้างเครื่องจักร เครื่องมือ หรือกระบวนการผลิต หรืองานเพื่อการใช้ประโยชน์สิ่งเหล่านี้โดด ๆ หรือประยุกต์เข้าด้วยกัน หรือเพื่อการสร้างหรือใช้งานสิ่งเหล่านั้นด้วยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ใช้งานอย่างหมดจด หรือเพื่อการพยากรณ์พฤติกรรมของสิ่งเหล่านั้นภายใต้สภาวะที่เจาะจง สิ่งที่กำลังมาทั้งหมดนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงความมุ่งหมายในการใช้งาน, ความคุ้มค่าในการปฏิบัติการ และความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินด้วย

เปรียบเทียบ แนวคิดและวิธีการทางวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์

1. แนวปฏิบัติ (Practice) ทางวิทยาศาสตร์มีกระบวนการส่วนใหญ่เหมือนกับแนวปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์ กล่าวคือ ทั้งสองศาสตร์มีการพัฒนาและใช้โมเดลในการดำเนินงาน มีการออกแบบและลงมือค้นคว้าวิจัยเพื่อรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวทั้งวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ต้องการความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ นอกจากนี้ ทั้งนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรมีการใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิดซึ่งอาจเป็นคำตอบของข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติหรือปัญหา และสุดท้ายต้องมีการประเมินและสื่อสารแนวคิดดังกล่าว

2. อย่างไรก็ตาม แนวปฏิบัติทั้งสองมีความแตกต่างกันอยู่ 2 ประการ คือ 1) ในขณะที่วิชาวิทยาศาสตร์พยายามตั้งคำถามเพื่อเรียนรู้และทำความเข้าใจธรรมชาติ วิศวกรรมศาสตร์พยายามนิยามปัญหาซึ่งเกิดจากความไม่พอใจและต้องการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ 2) ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิทยาศาสตร์คือการสร้างคำอธิบายเพื่อตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติ ในขณะที่ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิศวกรรมศาสตร์คือวิธีการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ และวิธีการดังกล่าวจะนำมาซึ่งผลผลิตที่เป็นเทคโนโลยีใหม่หรือนวัตกรรม

การมีความคิดแบบวิศวกรรมศาสตร์ ที่มาจากการศึกษาด้านวิศวกรรมศาสตร์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแต่สามารถที่จะศึกษาเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการศึกษา อ่าน และทำความเข้าใจด้วยตนเอง และการสรุปบทเรียนจากการทำงานของคนที่สำเร็จ มักจะมีแนวคิดหลักคิดแบบวิศวกรรมศาสตร์อยู่ด้วยนอกจากนี้ มีแนวความคิดแบบมาร์กซิส ก็เป็นวิทยาศาสตร์ แต่บางส่วนไม่ยอมรับและวิจารณ์ว่า “ไม่ใช่” “ความคิดวิฤพุทธ” ที่มีการยอมรับมากขึ้นในโลกตะวันตก เพราะสอดคล้องกับหลักวิทยาศาสตร์ แต่ที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง คือ การนำไปปฏิบัติ และทดลองกับชีวิตและสถานการณ์ที่เป็นจริง

ทั้งหมดนี้ จะสามารถแก้ไขได้ หากเรามี “หลักการคิดแบบวิศวกรรมศาสตร์” คือ การคิดแบบเป็นระบบคิดแบบเป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ตรวจสอบไล่เรียงกันมาตั้งแต่ต้นจนจบ คือตั้งแต่เริ่มต้น 1. นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต) 2. พัฒนาและใช้โมเดล 3. ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง 4. วิเคราะห์ข้อมูล 5. ใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการคำนวณ 6. ออกแบบวิธีแก้ปัญหา 7. ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด 8. ประเมินและสื่อสารแนวคิด

วิศวกรจะประยุกต์ใช้ความรู้ในศาสตร์ทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์เพื่อการหาทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมต่อความต้องการ หรือเพื่อการพัฒนางานที่รับผิดชอบให้ดียิ่งขึ้น ในปัจจุบันนี้ วิศวกรมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบในโครงการของตน ดังนั้น วิศวกรจำเป็นต้องเรียนรู้สิ่งใหม่ๆตลอดวิชาชีพของตน ถ้าทางเลือกนั้นมีมากกว่าหนึ่งทางเลือก วิศวกรจำเป็นต้องวิเคราะห์ความแตกต่างของทางเลือกและตัดสินใจเลือกเอาทางเลือกที่เหมาะสมต่อความต้องการของปัญหามากที่สุด หน้าที่ที่สำคัญที่สุดและเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของวิชาชีพวิศวกรรมก็คือการระบุ ทำความเข้าใจ และขยายความหมายของ "ข้อจำกัด" ในการออกแบบ เพื่อสร้างผลลัพธ์ที่ได้ผล และเพียงแค่ความสำเร็จในเชิงเทคนิคนั้นยังไม่ถือว่าดีพอ หากแต่จะต้องบรรลุความต้องการที่เหนือไปจากขอบข่ายเชิงเทคนิคอีกด้วย "ข้อจำกัด" ในที่นี้ นั้นอาจจะหมายถึง ทรัพยากรที่มี แรงงาน จินตนาการ หรือเทคโนโลยีที่มี ความยืดหยุ่นสำหรับการปรับปรุงพัฒนาต่อ และปัจจัยอื่น ๆ เช่น ราคา ความปลอดภัย ความต้องการของตลาด ผลผลิตภาพ และสามารถใช้งานได้จริงในภาคสนามอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อทำความเข้าใจใน "ข้อจำกัด" วิศวกรจะต้องนำเอาความต้องการที่เจาะจงมาวิเคราะห์เพื่อสร้างขอบเขตซึ่งใช้งานได้จริงสำหรับการผลิตหรือปฏิบัติการ ซึ่งทักษะที่วิศวกรควรมีเรียกว่าทักษะวิศวกรรม คือ ทักษะด้านการคิด การออกแบบ การสร้างดำเนินการ และการควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ตามแนวทาง CDIO

ชัยวัฒน์ (2560) ได้กล่าวไว้ว่า แนวคิดในการสอนหลักสูตรวิศวกรรมแบบ CDIO เป็นแนวคิดซึ่งได้รับการพัฒนามาจาก Massachusetts Institute of Technology (MIT) ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายและถูกนำไปใช้ในสถาบันการศึกษาทางวิศวกรรมมากมายทั่วโลก

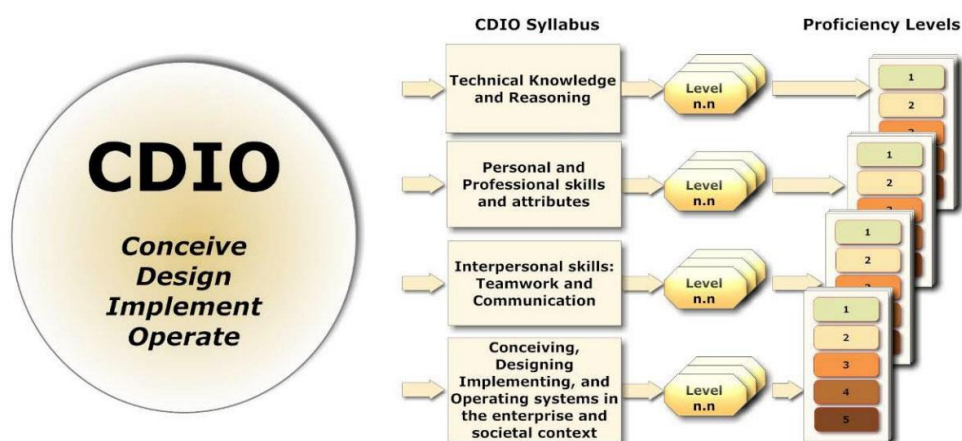
โดยแนวการเรียนการสอนแบบ CDIO มุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes) 4 ด้านหลัก

ซึ่งนับเป็นหัวใจสำคัญของวิชาชีพวิศวกรรม ได้แก่

1. การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรมได้ (Conceive)
2. การออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมได้ (Design)
3. การดำเนินการ ประยุกต์ หรือแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมให้สำเร็จลุล่วงได้ (Implement)
4. สามารถพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม (Operate)

ซึ่งการเรียนการสอนให้บรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้ทั้ง 4 ด้านได้นั้น ต้องอาศัยองค์ประกอบสำคัญ 4 ด้าน ดังนี้

1. องค์ความรู้และเหตุผลทางวิชาชีพ ได้แก่ พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ พื้นฐานทางวิศวกรรม และความรู้เฉพาะทางด้านวิศวกรรม วิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ รวมถึงวิธีการและเครื่องมือทางวิศวกรรมต่าง ๆ
2. ทักษะทางวิชาชีพและลักษณะที่พึงประสงค์ ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหา การใช้เหตุผล การดำเนินการวิจัย การคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ การมีทัศนคติที่ดี จริยธรรม และความรับผิดชอบต่อต่าง ๆ
3. ทักษะด้านการทำงานเป็นทีม-การสื่อสาร
4. การคิดวิเคราะห์ การออกแบบ การดำเนินการแก้ไข และการพัฒนา



ภาพที่ 2-13 กรอบแนวคิดของการเรียนการสอนทางวิศวกรรมแบบ CDIO

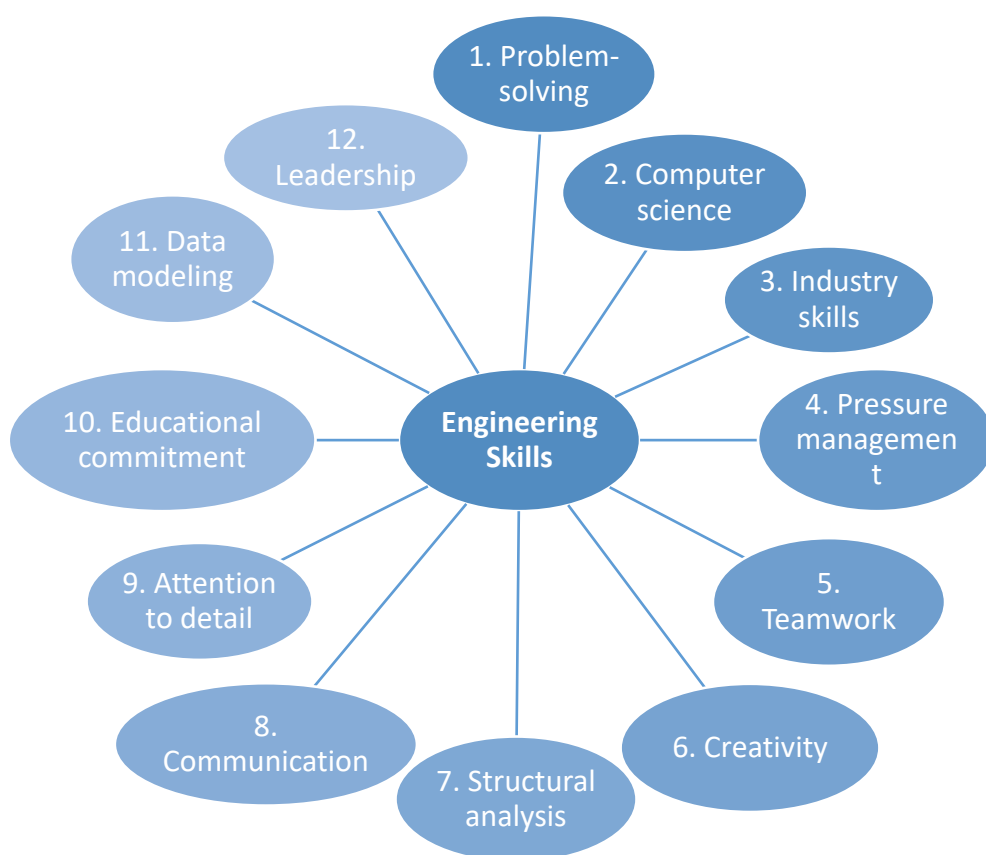
การจัดการเรียนการสอนแบบ CDIO จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยเทคนิคการสอนแบบมุ่งเน้นการลงมือทำ

การทำโครงการ (Project based Learning) การทดลองงาน (Engineering Practice) การเยี่ยมชมงาน (Site visits) ซึ่งนอกจากจะช่วยให้นิสิตพัฒนาทักษะทางวิศวกรรมแล้ว ยังสามารถช่วยพัฒนาทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นในการทำงาน ได้แก่ ทักษะด้านการสื่อสาร การทำงานร่วมกัน และการแก้ไขปัญหา

โดยปกติการศึกษาด้านวิศวกรรมศาสตร์เป็นการเรียนที่เน้นกิจกรรมให้ลงมือปฏิบัติ ซึ่งในการพัฒนาทักษะวิศวกรรมนั้นต้องพัฒนานักศึกษาให้มีกระบวนการคิดแบบวิศวกรรมควบคู่กับการวางแผนและการคิดวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม ซึ่งหากนักศึกษาไม่มีการพัฒนาทักษะและกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรมย่อมส่งผลต่อความมั่นคงทางอาชีพวิศวกร ด้วยสาเหตุนี้จึงต้องพัฒนาทักษะวิศวกรรม

เพื่อเพิ่มศักยภาพในการทำงานให้ตรงตามความต้องการของตลาดแรงงานและไม่ถูกแทนที่ด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ

Indeed (2020) เป็นองค์กรที่พัฒนาเว็บไซต์หางานเขาได้กล่าวว่า ทักษะวิศวกรรม คือความสามารถที่จำเป็นในการเป็นวิศวกรที่ประสบความสำเร็จ รวมถึง Hard Skills และ soft Skills และเป็นผู้ที่ทำงานร่วมกับเพื่อนร่วมงานเพื่อทำงานเป็นทีมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีทักษะที่จำเป็น 12 ประการ ดังนี้



ภาพที่ 2-14 ทักษะวิศวกรรม (Indeed, 2020)

1. การแก้ปัญหา (Problem-solving) ทักษะที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งที่วิศวกรมีได้คือความสามารถในการแก้ปัญหาที่แข็งแกร่ง งานส่วนใหญ่ของวิศวกรคือการประเมินสถานการณ์ระบุปัญหาและหาทางแก้ไข นายจ้างจะต้องการเห็นว่าคุณสามารถจัดการกับอุปสรรคในการทำงานประจำวันของคุณได้

ตัวอย่าง: “ เชี่ยวชาญในการระบุปัญหาที่ทำให้เครื่องจักรการผลิตไม่สามารถใช้งานได้แก้ไขสาเหตุที่เป็นไปได้และวางแผนแนวทางแก้ไขเพื่อให้เครื่องจักรกลับสู่สภาพการทำงานโดยเร็วที่สุด”

2 . วิทยาการคำนวณ (Computer Science) ไม่ว่าคุณจะทำงานในสาขาวิศวกรรมใดมีแนวโน้มว่าคุณจะต้องใช้คอมพิวเตอร์เพื่อทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะเช่นการเขียนโปรแกรมมีคุณค่าในสาขาวิชาวิศวกรรมที่หลากหลายและเป็นที่สนใจของนายจ้างในอนาคต

ตัวอย่าง: “ ใช้โปรแกรมการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับการออกแบบโครงสร้างและทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักก่อนที่จะสรุปพิมพ์เขียวโครงการ”

3 . ทักษะในอุตสาหกรรม (Industry Skills) ผู้เชี่ยวชาญด้านการว่าจ้างจะต้องสามารถตรวจสอบได้ว่าคุณมีความสามารถในการปฏิบัติงานในฐานะวิศวกรในสาขาของ บริษัท ที่คุณสมัครหรือไม่ หากคุณไม่มีประสบการณ์ตรงในสาขานี้ให้ประเมินว่าทักษะใดของคุณมีความเกี่ยวข้องมากที่สุดและเน้นย้ำพวกเขาในตำแหน่งวิศวกรรมก่อนหน้านี้ของคุณ

ตัวอย่าง: "ดำเนินการตรวจสอบโครงการก่อสร้างที่ดำเนินการโดยผู้รับเหมาเพื่อให้แน่ใจว่าวัสดุและวิธีการทั้งหมดที่ใช้เป็นไปตามข้อกำหนดการออกแบบและงานฝีมือทั้งหมดมีคุณภาพที่จำเป็นสำหรับการก่อสร้างที่ปลอดภัย"

4 . การรับมือแรงกดดัน (Pressure Management) โครงการวิศวกรรมอาจเป็นเรื่องท้าทาย ดังนั้นจะต้องมีการรับมือกับความเครียด

ตัวอย่าง: “ ทีมวิศวกรที่มีการจัดการสร้างโมเดลต้นแบบใหม่บนโมเดลที่เร่งความเร็วเพื่อให้โมเดลทดสอบพร้อมใช้งานได้ทันเวลาสำหรับการสาธิตในการประชุมใหญ่ที่ไม่สามารถกำหนดเวลาใหม่ได้ส่งผลให้มีการวิจารณ์จากสื่อมวลชนหลังจากการนำเสนอครั้งแรก”

5 . การทำงานเป็นทีม (Teamwork) โครงการวิศวกรรมมักมีโครงการที่จะเห็นวิศวกรทำงานด้วยตนเองโดยไม่มีเพื่อนร่วมงานหรือผู้เชี่ยวชาญจากภายนอก ทักษะการทำงานเป็นทีมเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างความมั่นใจว่าคุณสามารถร่วมมือกับเพื่อนร่วมทีมเพื่อประสบความสำเร็จในฐานะหน่วยและปฏิบัติตามความสามารถสูงสุดของคุณ

ตัวอย่าง: “ ทำงานร่วมกับทีมวิศวกร 5 คนเพื่อพัฒนาการออกแบบตัวถังใหม่เพิ่มอากาศพลศาสตร์และปรับปรุงการประหยัดเชื้อเพลิงโดยรวม”

6 . ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) บ่อยครั้งเมื่อพยายามหาวิธีแก้ปัญหาทางวิศวกรรมคุณอาจไม่มีประสบการณ์โดยตรงกับปัญหาหรือความต้องการที่เหมือนกัน ในสถานการณ์เหล่านี้ความคิดสร้างสรรค์สามารถผสมผสานประสบการณ์ก่อนหน้านี้เข้าด้วยกันเพื่อสร้างวิธีแก้ปัญหาได้ ความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะที่สำคัญมากที่นายจ้างจะต้องมองหา

ตัวอย่าง: “ สร้างคู่มือแบบกำหนดเองสำหรับใช้กับโต๊ะเลื่อยเพื่อให้ทีมช่างไม้สร้างขึ้นไม้ที่ต้องการได้ง่ายขึ้นช่วยลดเวลาในการก่อสร้างสำหรับแต่ละโครงการลงอย่างมาก”

7 . การวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural Analysis) คุณสมบัติหนึ่งในหลายสาขาวิศวกรรมคือความจำเป็นในการวิเคราะห์โครงสร้าง ทักษะนี้เกี่ยวข้องกับการกำหนดที่จะวางบนโครงสร้างหรือ

เครื่องจักรภายใต้การออกแบบในปัจจุบันและการประเมินความสามารถ ประสบการณ์ก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงสร้างแสดงให้เห็นนายจ้างที่มีศักยภาพว่าคุณสามารถทำการคำนวณที่จำเป็นเพื่อยืนยันว่าแผนงานที่เสนอนั้นปลอดภัยและใช้งานได้

ตัวอย่าง: “ ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของสิ่งปลูกสร้างใหม่ทั้งหมดหลังจากการวางโครงสร้างเบื้องต้นเพื่อให้แน่ใจว่าระดับความสมบูรณ์ของโครงสร้างเพียงพอที่จะดำเนินการต่อในกระบวนการก่อสร้างต่อไป”

8 . การสื่อสาร (Communication) เมื่อทำงานด้านวิศวกรรมคุณมักจะต้องการหรือเกี่ยวกับแผนหรือการออกแบบกับผู้อื่น ความสามารถในการสื่อสารอย่างชัดเจนเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการทำงานร่วมกัน มีความสำคัญอย่างยิ่งเมื่อทำงานกับผู้ที่ไม่ใช่วิศวกรเนื่องจากวิศวกรต้องรับข้อมูลทางเทคนิคและถ่ายทอดข้อมูลให้กับผู้ที่ไม่มีความรู้ทางเทคนิคขั้นสูงอย่างชัดเจน วิธีนี้ทุกคนที่เกี่ยวข้องจะเข้าใจความคืบหน้าและทางเลือก

ตัวอย่าง: “ พบกับผู้บริหารและผู้จัดการแผนกทุกสัปดาห์เพื่อหารือเกี่ยวกับสถานะของโครงการวิศวกรรมที่กำลังดำเนินอยู่ทั้งหมด อธิบายโครงการปัจจุบันในแง่ที่ทุกคนที่เข้าร่วมสามารถเข้าใจและส่งข้อมูลอัปเดตเกี่ยวกับความคืบหน้าตามแผนสำหรับสัปดาห์ที่จะมาถึง”

9 . ใส่ใจในรายละเอียด (Attention to Detail) เมื่อทำงานในสาขาที่ความแม่นยำเป็นสิ่งสำคัญเช่นวิศวกรรมบุคคลจะต้องใส่ใจในรายละเอียดอย่างมาก ข้อผิดพลาดเล็กน้อยในการร่างหรือการดำเนินแผนทางเทคนิคอาจส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางการเงินและสถานการณ์ที่อาจเป็นอันตราย นายจ้างจะต้องการเห็นผู้สมัครที่สามารถแสดงความสามารถโดยไม่มองข้ามรายละเอียดเล็กน้อย แต่สำคัญ

ตัวอย่าง: “ ชิปคอมพิวเตอร์ที่ทำงานผิดพลาดได้รับการทดสอบการแก้ไขปัญหาคความเสียหายทางกายภาพและการซ่อมแซมและติดตั้งโดยให้ความสำคัญกับการจัดวางสายไฟและจุดสัมผัสทั้งหมดอย่างแม่นยำ”

10 . ความมุ่งมั่นทางการศึกษา (Educational Commitment) ทุกครั้งที่คุณทำงานในสาขาเทคโนโลยีโปรดทราบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเมื่อมีการสร้างเทคโนโลยีใหม่ ๆ และเทคโนโลยีเก่า ๆ ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น ความสามารถในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องในขณะที่อยู่ในทีมงานเป็นสิ่งที่น่าสนใจให้ความสำคัญเนื่องจากช่วยให้มั่นใจได้ว่าคุณจะอยู่ในขอบข่ายที่ทันสมัยอยู่เสมอ การศึกษาต่อยังช่วยทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดในอนาคตอันเนื่องมาจากการใช้เครื่องมือหรือวิธีการที่ล้าสมัย

ตัวอย่าง: “ เข้าร่วมการประชุมกับผู้นำในอุตสาหกรรมการเข้าร่วมการสัมมนาและการบรรยายเกี่ยวกับวิธีการใหม่ ๆ ในการปฏิบัติหน้าที่ประจำวันของคุณเพื่อเพิ่มผลผลิตส่วนบุคคลและบริษัท ”

11 . การสร้างแบบจำลองข้อมูล (Data Modeling) บ่อยครั้งที่วิศวกรจะได้รับมอบหมายให้รวบรวมข้อมูลและสร้างแบบจำลองที่วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปซึ่งสามารถนำไปใช้กับงานจริงได้ สิ่งสำคัญคือการสร้างแบบจำลองและการคาดคะเนจากแบบจำลองทั้งหมดจะต้องดำเนินการอย่างถูกต้องเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้จ่ายที่มีราคาแพงไปกับการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ การแสดงให้เห็นถึงความคุ้นเคยกับโครงสร้างการสร้างแบบจำลองข้อมูลจะช่วยให้คุณเป็นผู้สมัครที่น่าสนใจยิ่งขึ้นสำหรับนายจ้างที่มีศักยภาพของคุณ

ตัวอย่าง: “ วิเคราะห์บันทึกปริมาณน้ำฝนในระดับท้องถิ่นเพื่อสร้างแบบจำลองปริมาณฝนและการระบายน้ำที่คาดการณ์ แบบจำลองที่ใช้ในการวางแผนการพัฒนาที่อยู่อาศัยที่สร้างขึ้นใหม่เพื่อหลีกเลี่ยงการวางบ้านในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดน้ำท่วมหรือการพังทลาย ”

12 . ความเป็นผู้นำ (Leadership) วิศวกรมักถูกวางไว้ในตำแหน่งผู้นำแม้ว่าจะไม่ได้อยู่ในตำแหน่งบริหารอย่างเป็นทางการหรือได้รับมอบหมายให้ทำงานร่วมกับแผนกอื่นเพื่อดำเนินการตามแผน วิศวกรที่มีความสามารถในการจูงใจผู้อื่นเป็นสมาชิกที่มีค่าอย่างยิ่งของพนักงานทุกคนและเป็นโอกาสที่น่าตื่นตาตื่นใจสำหรับผู้จัดการการจ้างงาน

ตัวอย่าง: “ กำกับดูแลการสร้างบ้านจัดสรรโดยทำงานร่วมอย่างใกล้ชิดกับทีมก่อสร้างเพื่อให้แน่ใจว่าแผนงานทั้งหมดได้รับการปฏิบัติตามและดำเนินการอย่างน่าพอใจ ”

Linkedin (2019) แพลตฟอร์มเครือข่ายสังคมออนไลน์สำหรับธุรกิจชื่อดังได้เปิดเผยเอกสารเกี่ยวกับอนาคตของทักษะในปี 2019 ในชื่อ Future of Skills 2019 ซึ่งหนึ่งในทักษะที่สำคัญที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้นท่ามกลางการเติบโตของเทคโนโลยีอัตโนมัติและ AI คือ ทักษะด้าน Soft Skills ซึ่งเป็นทักษะที่หลายคนอาจมองข้ามไป หนึ่งในนั้นคือ Soft Skills ที่สำคัญสำหรับวิศวกรต้องมี ได้แก่

1. ทักษะการทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมอุตสาหกรรม

ไม่ใช่ทุกคนที่สามารถทำงานในโรงงานได้ และไม่ใช่คนที่ทำโรงงานอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งได้จะไปทำโรงงานอุตสาหกรรมรูปแบบอื่นได้เช่นกัน ความพร้อมและความสามารถในการทำงานในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงหรือเย็น รวมไปถึงการทำงานในพื้นที่ที่สกปรก ทั้งยังมีความพร้อมในช่วงเวลาการทำงานที่อาจยาวนานหรือมีช่วงเวลาที่แตกต่างจากการทำงานอื่น ๆ รวมถึงมีทักษะและความตั้งใจในการทำงานที่ซ้ำ ๆ ในขณะที่ยังคงรักษามาตรฐานของการทำงานเอาไว้ได้อย่างดี

2. ทักษะด้านการแก้ไขปัญหา

ทักษะสุดฮิตอย่างการแก้ไขปัญหาเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากในโรงงานอุตสาหกรรม ความสามารถในการเข้าใจถึงโครงสร้างปัญหาและวิเคราะห์ต้นเหตุได้อย่างชัดเจน พร้อมทั้งจะเผชิญหน้ากับปัญหาและสามารถจัดการปัญหาตามหลักเหตุผลอย่างถูกต้องตามตรรกะเพื่อให้เกิดโซลูชันที่มีประสิทธิภาพ

3. ทักษะในการเผชิญหน้ากับความเครียด

ความสามารถในการเผชิญหน้ากับความเปลี่ยนแปลงและสถานการณ์ล่วงหน้าไม่ว่าจะเป็นด้านอุปกรณ์ มาตรฐาน คน ขั้นตอนกระบวนการโดยยังคงความสามารถในการพัฒนาการทำงานอย่างต่อเนื่อง ต้องสามารถยอมรับคำวิจารณ์ที่มีหลักการและเหตุผลได้โดยไม่เก็บมาเป็นปัญหาส่วนตัว และมีความตั้งใจที่จะเรียนรู้และค้นหาโอกาสจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

4. ทักษะการบริหารจัดการเวลา

มีความสามารถในการบริหารจัดการหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จลุล่วงตามเวลาที่กำหนด มีความเข้าใจความสำคัญของแผนระยะเวลาและมองเห็นถึงผลประโยชน์ขององค์กรที่จะเกิดขึ้นได้จากความสำคัญของแผนระยะเวลานั้นไม่ว่าจะเป็นแผนระยะเวลาในภาพรวม หรือแผนระยะเวลาการทำงานของตัวเอง

5. ความรับผิดชอบในหน้าที่

มีความตั้งใจที่จะก้าวออกมาข้างหน้าให้เติบโตในหน้าที่การงาน สามารถตั้งคำถามในเชิงรุกสำหรับหน้าที่ของตนได้ มีความสามารถในการบริหารจัดการหน้าที่ตัวเองให้มีประสิทธิภาพ มีความมั่นใจและกล้าแสดงออกในการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงานและหัวหน้าเพื่อให้เกิดการพัฒนาและต่อยอดในสิ่งที่รับผิดชอบ

6. ทักษะด้านความปลอดภัย

มีความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมในด้านความปลอดภัยของตัวเองและผู้อื่น มีแนวคิดด้านความปลอดภัยแบบเชิงรุกที่สามารถระบุปัญหาและมีความตั้งใจที่จะค้นหาปัญหาให้เจอ

7. ทักษะการสื่อสาร

คนเก่งหลายคนกลับพลาดเรื่องการสื่อสารไปอย่างน่าเสียดายเพียงเพราะไม่เข้าใจถึงความสำคัญของการสื่อสารที่ชัดเจน มีประสิทธิภาพ และความเป็นมืออาชีพในการสื่อสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาพูดถึงเรื่องเทคนิคหรือสิ่งเฉพาะทางที่มันซับซ้อนอยู่แล้วให้เข้าใจหรือเข้าถึงได้ยากยิ่งขึ้น แต่ด้วยการมีทักษะการสื่อสารที่ดี เรื่องยากจะกลายเป็นเรื่องง่าย อาจเริ่มต้นด้วยการเป็น “ผู้ฟังที่ดี” เพื่อให้สามารถรับข้อมูลได้อย่างครบถ้วนและถูกต้องเสียก่อน

8. ทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์

การผลักดันนวัตกรรมและสร้างการเปลี่ยนแปลงให้เกิดมูลค่านั้นมาจากความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นหัวใจหลักของความสำเร็จและการสร้างความแตกต่างเลยทีเดียว แต่รู้ตัวกันหรือไม่จริง ๆ แล้ววิศวกรนั้นดึงเอาความคิดสร้างสรรค์มาใช้แทบทุกวันในการการคิดและแก้ปัญหา แต่ในขณะเดียวกันการแก้ปัญหาที่ไม่แตกต่างจากเดิมมากนักอาจกลายเป็นหินปูนที่อุดตันความคิดที่ทำให้เกิด ‘รูปแบบ’ ที่ตายตัวและฆ่าความคิดสร้างสรรค์ของคุณอย่างช้า ๆ ดังนั้นอย่าลืมหาภารกิจหลักของวิศวกรทุกคน คือ

“หน้าที่ในการยกระดับการทำงานของสิ่งต่าง ๆ ออกแบบผลิตภัณฑ์หรือระบบที่สามารถแก้ไข ปัญหาได้ดีกว่า เร็วกว่า และถูกกว่า ไม่ใช่เพียงการแก้ปัญหาไปวัน ๆ หรือการทำงานที่เป็นการลด คุณค่าของความสามารถตัวเอง”

ซึ่งการคำนึงถึงบทบาทหน้าที่หลักและผลลัพธ์ที่ดีกว่าเดิมจะทำให้สามารถคิดทลายรอบเดิม ๆ ที่เกิดจากการถูกบังคับให้ทำสิ่งซ้ำ ๆ จนกลายเป็นความเคยชินได้เช่นกัน

9. ทักษะด้านการประยุกต์

ไม่ว่าคุณจะต้องทำงานภายใต้สภาวะแวดล้อมแบบใด วิศวกรต้องมีความคล่องตัวและพร้อม ปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ ความท้าทาย หรือการเปลี่ยนแปลงที่อยู่นอกเหนือความคาดหมาย หรือ จัดการให้เกิดโซลูชันที่ดีที่สุด ในยามที่เกิดเหตุไม่คาดคิด ทักษะในการปรับตัวหรือการประยุกต์จึงเป็น อีกหนึ่งทักษะที่สำคัญอย่างมากสำหรับวิศวกรที่ทำให้นายจ้างมั่นใจได้ว่าวิศวกรคนนั้น ๆ สามารถคิด และยืนได้ด้วยตัวเอง มีความสามารถในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดได้อย่างมั่นใจและ รวดเร็ว ซึ่งคุณลักษณะเหล่านี้จะเป็นตัวแปรสำคัญให้หน้าที่การงานนั้นเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วและ มั่นคง

10. ทักษะด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น

การทำงานร่วมกับผู้อื่นดูเหมือนไม่น่าเป็นปัญหาสำหรับวิศวกรไทยที่มีลักษณะเป็นมิตรสั กเท่าไร แต่รู้ไว้เถอะว่าความสามารถในการทำงานเป็นทีมที่มีประสิทธิภาพต่างหากที่สามารถสร้าง ความแตกต่างได้เป็นอย่างมากในการทำงาน วิศวกรที่ประสบความสำเร็จนั้นจะทำงานร่วมกับผู้คนที่ มีพื้นเพที่แตกต่างกัน มีบุคลิกที่หลากหลาย แม้กระทั่งคนที่ไม่สามารถเข้าใจได้หรือคนที่ทำงานด้วยยาก อย่าลืมนะว่าทุกคนไม่ได้รู้ไปทุกเรื่อง และไม่ได้มีความพร้อมตลอดเวลา ความสามารถในการทำงาน ร่วมกับคนที่หลากหลายจะทำให้เติมเต็มช่องโหว่ที่เกิดขึ้น และยังทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีกว่าไม่ว่าจะเป็น ในขั้นตอนใดก็ตาม

11. ทักษะด้านความเป็นผู้นำ

ทักษะด้านความเป็นผู้นำนั้นเราอาจจะได้ยินกันจนชินหู แต่จะมีสักกี่คนที่เข้าใจใน “ความ เป็นผู้นำ” ได้ทั้งหมด ความสามารถในการเป็นผู้นำนั้นเป็นความสามารถในการรวบรวมทักษะที่ แตกต่างกันเพื่อทำให้ทีมดำเนินการตามแผนการที่วางเอาไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังต้องบริหาร จัดการทัศนคติ อารมณ์ และพัฒนาศักยภาพของบุคลากรให้สอดคล้องกับความต้องการของการ ทำงานได้อย่างสมดุล

2.5 นวัตกรรม

นวัตกรรม มีรากศัพท์มาจากภาษาละตินคือ *Innovare* ซึ่งหมายถึง “การทำให้ใหม่ขึ้นมา” นวัตกรรมนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อองค์กร บุคคล สังคม และเศรษฐกิจ ดังนั้นมีผู้ให้คำนิยามสำหรับคำว่า นวัตกรรม หลายแง่มุม ดังนี้ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช). 2542 : 153-154)

1. นวัตกรรม คือ สิ่งใหม่ เช่น แนวคิด ผลิตภัณฑ์ หรือโครงการที่มีผู้เห็นว่าใหม่สำหรับตน
2. นวัตกรรม นวัตกรรม คือกระบวนการรับสิ่งใหม่ ๆ เพื่อมาปรับปรุงให้เกิดแก่น (บุคคล องค์กรหรือสังคม) ทั้งในรูปแบบเทคนิควิธีการหรือสิ่งที่จับต้องได้ จนทำให้เกิดนวัตกรรม
3. นวัตกรรม คือ การคิดค้นและดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหา โดยอาศัยความรู้ ความชำนาญที่มีอยู่ในตน (บุคคล องค์กรหรือสังคม) และอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ จนทำให้เกิดนวัตกรรม
4. นวัตกรรม คือ คุณลักษณะของบุคคล องค์กรหรือสังคมที่มุ่งแสวงหาการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ จนทำให้เกิดนวัตกรรม
5. นวัตกรรม คือ การเรียนรู้ การผลิต และการใช้ประโยชน์จากความคิดใหม่ เพื่อให้เกิดผลดีทางเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงการกำเนิดผลิตภัณฑ์ การบริการ กระบวนการผลิตใหม่ การปรับปรุงเทคโนโลยี การแพร่กระจายเทคโนโลยี และการใช้เทคโนโลยีให้เป็นประโยชน์และเกิดผลพวงทางเศรษฐกิจและสังคม (กองทุนพัฒนานวัตกรรม. 2545 : 79)

โทมัส ฮิวส์ (Hughes, 1987) ได้ให้ความหมายของนวัตกรรมไว้ว่า “เป็นการนำเอาวิธีการใหม่ มาปฏิบัติหลังจากที่ได้ผ่านการทดลองและได้รับการพัฒนามาเป็นลำดับแล้ว และมีความแตกต่างจากการปฏิบัติเดิมที่เคยปฏิบัติมา”

สมนึก และคณะ (2553) ได้ให้ความหมายของ นวัตกรรม หมายถึง “สิ่งใหม่ที่เกิดขึ้นจากการใช้ความรู้ ทักษะประสบการณ์ และความคิดสร้างสรรค์ ในการพัฒนาขึ้น ซึ่งอาจจะมีลักษณะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ บริการใหม่ หรือกระบวนการใหม่ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจและสังคม”

นิลรัตน์ (2555) คำว่านวัตกรรมมาจากคำภาษาอังกฤษว่า “Innovation” โดยมีรูปศัพท์เดิมมาจากภาษาบาลี คือ นว + อตต + กรรม ทั้งนี้ คำว่า นว แปลว่า ใหม่ อตต แปลว่า ตัวเอง และกรรม แปลว่าการกระทำ เมื่อรวมเป็นคำว่านวัตกรรม ตามรากศัพท์หมายถึง การกระทำที่ใหม่ของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับคำนิยามของสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (2549) ได้ให้ความหมายของนวัตกรรมไว้ว่า นวัตกรรมคือ “ สิ่งใหม่ที่เกิดจากการใช้ความรู้ และความคิดสร้างสรรค์ที่มีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม”

นวัตกรรมเกิดขึ้นได้จากการใช้ความคิดสร้างสรรค์เป็นพื้นฐาน ซึ่งมีกระบวนการคิด 6 ขั้นตอน (วิชัย และมารุต, 2562) ได้แก่

1. วิเคราะห์ความต้องการนวัตกรรม
2. สังเคราะห์ความคิดที่นำไปสู่นวัตกรรม
3. แสวงหาความร่วมมือในการพัฒนานวัตกรรม
4. สะท้อนความคิดร่วมกัน
5. ลงสรุปความคิด
6. ประเมินความคิด

2.5.1 องค์ประกอบของนวัตกรรม

อัจฉรา (2553 : 54) ได้อธิบายองค์ประกอบของนวัตกรรมมีอยู่ 3 ประการ คือ

1. ความใหม่ (Newness) สิ่งที่จะได้รับการยอมรับว่า มีคุณลักษณะเป็นนวัตกรรมได้นั้นจะต้องมีก็คือ ความใหม่ หมายถึง เป็นสิ่งใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้น ซึ่งอาจจะมีลักษณะเป็นตัวผลิตภัณฑ์บริการ หรือกระบวนการ โดยจะเป็นการปรับปรุงจากของเดิมหรือพัฒนาขึ้นมาใหม่

2. การใช้ความรู้และความคิดสร้างสรรค์ (Knowledge and Creativity Idea) หมายความว่า สิ่งที่จะถือเป็นนวัตกรรมได้นั้นจะต้องเกิดจากการใช้ความรู้และความคิดสร้างสรรค์เป็นฐานของการพัฒนาให้เกิดขึ้นใหม่ ไม่ใช่เกิดจากการลอกเลียนแบบการทำซ้ำ เป็นต้น

3. ประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจ (Economic Benefits) และสังคม (Social) ก็คือ การให้ประโยชน์ใน เชิงเศรษฐกิจ หรือการสร้างความสำเร็จในเชิงพาณิชย์ กล่าวคือ นวัตกรรม จะต้องสามารถทำให้เกิดมูลค่าเพิ่ม ขึ้นได้จากการพัฒนาสิ่งใหม่นั้น ๆ ซึ่งผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นสามารถวัดได้เป็นตัวเงินโดยตรง และในเชิงสังคม เป็นการสร้างคุณค่า ซึ่งไม่สามารถวัดเป็นตัวเงินได้

2.5.2 ขั้นตอนของนวัตกรรม

1.การคิดค้น (Invention) เป็นการยกร่างนวัตกรรมประกอบการศึกษาเอกสารทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม การกำหนดโครงสร้างรูปแบบของนวัตกรรม

2.การพัฒนา (Development) เป็นขั้นตอนการลงมือสร้างนวัตกรรมตามที่ยกร่างไว้ การตรวจสอบคุณภาพของนวัตกรรมและการปรับปรุงแก้ไข

3.ขั้นนำไปใช้จริง(Implement) เป็นขั้นที่มีความแตกต่างจากที่เคยปฏิบัติเดิมมา ในขั้นตอนนี้รวมถึงขั้นการทดลองใช้นวัตกรรม และการประเมินผลการใช้นวัตกรรม

4.ขั้นเผยแพร่ (Promotion) เป็นขั้นของการเผยแพร่ การนำเสนอ หรือการจำหน่าย

สรุปได้ว่า นวัตกรรม หรือ Innovation คือ ความคิดใหม่ เทคนิควิธีการใหม่ หรือสิ่งใหม่ที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ทั้งในด้านเศรษฐกิจและการสร้างคุณค่าต่อสังคม ซึ่งนวัตกรรมนั้นๆ จะเป็นสิ่งใหม่ของกลุ่มที่มีการยอมรับ องค์ประกอบของ“นวัตกรรม” คือ “สิ่งใหม่ที่เกิดจากการ

ใช้ความรู้ และความคิดสร้างสรรค์ ที่มีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม” ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม หมายถึง ทักษะด้านการคิด การออกแบบ การสร้างดำเนินการ และการควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมให้ประสบผลสำเร็จ ตามการวางแผนและพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ และพร้อมแก้ไขปรับปรุงในส่วนที่บกพร่องของนวัตกรรม

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

D.P. Morales, E. Castillo, L. Parrilla, A. García (2015) งานวิจัยเรื่อง Towards Project-Based Learning applied to the Electronic Engineering Studies โดย มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม วิจัยดำเนินการวิจัย ในช่วงชั้นปีสุดท้ายของหลักสูตรการศึกษา การใช้เทคนิคการเรียนรู้การทำงานเป็นทีม และให้ฝึกทักษะการคิด ตามรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานปัจจุบันได้รับความนิยมมากที่สุดเป็นการสนับสนุนรูปแบบการเรียนการสอน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ในการศึกษาด้านวิศวกรรมไฟฟ้าได้ ในงานวิจัยนี้นำเสนอ PBL สำหรับการทำให้โครงงานขั้นสุดท้ายของการเรียนการสอนในหลักสูตรระดับปริญญาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม ชื่อหัวข้อ "วงจรและระบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการใช้งานด้านชีวการแพทย์" โดยผู้สอนจะให้ผู้เรียนเสนอโครงงานที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม เพื่อที่ว่าผู้เรียนมีพัฒนาการอย่างไรในระหว่างเรียน ผลการวิจัยพบว่าวิธีการนี้จะช่วยให้การดำเนินการประเมินความสามารถได้อย่างต่อเนื่อง และเป็นรายบุคคล รูปแบบการเรียนการสอนนี้แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถเผชิญ และแก้ปัญหาที่คาดไม่ถึงในระหว่างทำโครงงานได้ และช่วยเพิ่มทักษะที่คาดหวังสำหรับวิศวกรไฟฟ้า

พิชิต และคณะ (2558) การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานแบบ DAPOA สำหรับการศึกษาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบด้าปว (DAPOA Model) สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชา ปฏิบัติการทางด้านเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกำหนดหัวข้อ (Determination) 2) การวิเคราะห์ (Analysis) 3) การวางแผนและการออกแบบ (Planning and Design) 4) การดำเนินการ (Operation) และ 5) การประเมินผล (Assessment) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่รูปแบบการเรียนรู้แบบ DAPOA คู่มือครู แบบประเมินโครงงาน และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีจำนวน 11 คนโดยเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่าบทความวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยมุ่งเน้นรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้ โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) และได้ขั้นตอนการเรียนรู้ด้าปว (DAPOA Model) โดยนำไปทดลองใช้กับการเรียนการสอนในรายวิชาวงจรควบคุมการขับเคลื่อนและ

การประยุกต์ในหัวข้อการควบคุมทิศทางมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งผลการประเมินรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเหมาะสมอยู่ที่ระดับมาก (= 4.37, S.D = 0.35) ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนรู้ DAPOA ที่ พัฒนาขึ้นที่ระดับมาก (= 4.25, S.D = 0.14) นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาผลของการดำเนินงานในการจัดการเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐานแบบ DAPOA โดยกลุ่มทดลองที่เป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 3 พบว่าผู้สอนจำเป็นต้องมีการวางแผนการจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับขั้นตอนของการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ และต้องทบทวนเนื้อหาเบื้องต้นของวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมการจัดกิจกรรมให้ตรงตามกรอบเวลาที่กำหนด

สันติ (2557) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับระบบการให้คำปรึกษาตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ เรื่องการควบคุมระบบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่เรียนวิชา 020133923 ระบบควบคุมแบบคลาสสิก ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 30 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มควบคุม 15 คน เรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพียงอย่าง เดียวและกลุ่มทดลอง จำนวน 15 คน เรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค ความรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพีแอลซี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) คู่มือครู (2) ชุดประลองที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน 5 ชนิด (3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านทฤษฎี (4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะปฏิบัติ และ (5) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับพีแอลซี ผลการวิจัยพบว่า (1) พัฒนาการทางการเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) กลุ่มทดลองมีผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนโดยวิธี Average Normalized Gain พบว่า ด้านทฤษฎีมีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ ด้านปฏิบัติมีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง (3) ความคงทนทางการเรียนระหว่าง กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (4) ระดับความ พึงพอใจของกลุ่มทดลองที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้โดยใช้โครงงาน เป็นฐาน พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก สรุปได้ว่า ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน ด้านทฤษฎีทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้นในระดับน้อยเหมือนกัน ขณะที่ระดับความก้าวหน้าทางการเรียน ของผู้เรียนด้านปฏิบัติ พบว่าแตกต่างกัน โดยที่กลุ่มทดลองมีพัฒนาการทางการเรียนระดับสูงกว่ากลุ่ม ควบคุม และเมื่อพิจารณาจากความคงทนทางการเรียนของผู้เรียนทั้งสองกลุ่ม พบว่า มีความคงทน ทางการเรียนใกล้เคียงกัน ทั้งนี้กล่าวได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้

โครงการเป็นฐานร่วมกับ ระบบที่เลี้ยงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ส่งเสริมการเรียนรู้โดยเฉพาะด้านทักษะปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดข้อด้อยของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานในเรื่องของระยะเวลาในการทำโครงการ ได้ตลอดจนสามารถนำไปบูรณาการและประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนในระบบปกติได้เป็นอย่างดี

วิชัย และพัลลภ (2556) ได้ศึกษาแนวทางที่เหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้โครงการ เป็นฐานผ่านเอ็มเลิร์นนิ่งเพื่อเตรียมความพร้อมสู่ประชาคมอาเซียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลายในกรุงเทพมหานครและนครเวียงจันทน์ โดยใช้กระบวนการศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และใช้เทคนิคการรวบรวมข้อมูลแบบเดลฟาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการ เรียนเอ็มเลิร์นนิ่ง ด้านการเรียนรู้ร่วมกัน ด้านการเรียนรู้โดยใช้โครงการ รวมทั้งหมด 17 คน มีการรวบรวมความคิดเห็นทั้งหมด 3 ครั้ง เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิดและปลายปิดใน รอบที่ 1 และแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ในรอบที่ 2 และรอบที่ 3 การ วิเคราะห์หาฉันทามติของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญใช้การคำนวณค่ามัธยฐาน (Median) ค่าสัมบูรณ์ระหว่าง ฐานนิยมกับมัธยฐาน (Mode-median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile Range) ผลการ ศึกษาฉันทามติของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ พบว่า องค์ประกอบของการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้โครงการเป็นฐาน ผ่านเอ็มเลิร์นนิ่งเพื่อเตรียมความพร้อมสู่ประชาคมอาเซียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายใน กรุงเทพมหานครและนครเวียงจันทน์ ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) เป้าหมาย (2) เครื่อง มือสนับสนุน (3) กิจกรรมโครงการ (4) การติดต่อสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ (5) ผู้เกี่ยวข้อง และ (6) ระบบ การทดสอบและประเมินผล ส่วนขั้นตอนการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้โครงการเป็นฐานผ่านเอ็มเลิร์นนิ่ง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นเตรียมความพร้อม (2) ขั้นศึกษาความรู้ (3) ขั้นแลกเปลี่ยน เรียนรู้ร่วมกันด้วยการทำโครงการ (4) ขั้นนำเสนอผลงาน และ (5) ขั้นการประเมินผล

อำนาจ (2555) ได้วิจัยการประยุกต์เทคนิคความเป็นจริงเสริมเพื่อผลิตสื่อการสอนสำหรับ โครงสร้างไม้ โดยการศึกษาได้ศึกษาองค์ความรู้เกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาเสมือนจริง (Augmented Reality) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ เทคนิคการพัฒนา ระบบด้วยภาษา Action Script 3.0 เพื่อใช้สำหรับการตรวจหามาร์คเกอร์ (Marker) ที่ได้กำหนดไว้ และใช้หลักการคำนวณ ตำแหน่งเชิง 3 มิติ โดยการเปรียบเทียบภาพจากกล้องวิดีโอ (3D Pose Estimation) เพื่อแสดงผล 3 มิติบนมาร์คเกอร์ อีกส่วนหนึ่งคือการพัฒนาวัตถุ 3 มิติ (Model) ที่สามารถใช้เป็นสื่อการสอนเรื่อง โครงสร้างไม้ด้วยโปรแกรมด้าน 3 มิติ ก่อนนำมาใช้งานกับระบบที่พัฒนาขึ้นมารวมกับมาร์คเกอร์ โดยผู้ใช้เพียงจับมาร์คเกอร์หันด้านตัวรหัสให้กล้องวิดีโอสามารถเห็นรายละเอียดและเปรียบเทียบ มาร์คเกอร์ว่าตรงกับที่ได้กำหนดไว้ จากนั้น ระบบจะแสดงวัตถุ 3 มิติ เหนือมาร์คเกอร์ที่แสดงใน จอภาพ ผลการศึกษาจากการประเมินการใช้งานโดยผู้ใช้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่ม ผู้สอนและ

กลุ่มผู้เรียน ผลการประเมินโดยสรุปคือระบบที่พัฒนาขึ้นมีความน่าสนใจและสามารถ กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุดร้อยละ 76.00 ระบบมีความยืดหยุ่นและสามารถที่จะนำวัตถุ 3 มิติที่หลากหลายมาใช้งานได้ และระบบสามารถใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว และผู้ใช้งานมีความเข้าใจในบทเรียน ภายหลังจากการใช้งานระบบมากขึ้นถึงร้อยละ 68.00 ทั้งนี้เนื่องจาก เป็นสื่อการสอนที่น่าสนใจ และตื่นเต้น กับการแสดงผลวัตถุ 3 มิติ ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีการซักถามอย่างต่อเนื่อง ผู้เรียนสามารถนำสื่อการสอนไปใช้งานนอกเหนือจากชั่วโมงเรียนได้อีกด้วย

วิวัฒน์ (2556) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบชุดการเรียนการสอนร่วมกับเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริง (Augmented Reality) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมี 4 ประการคือ 1) เพื่อศึกษาองค์ประกอบของชุดสื่อการเรียนการสอนร่วมกับเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริง 2) พัฒนาชุดสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริงตามองค์ประกอบที่ศึกษา 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริง 4) ศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริง โดยในการวิจัยผู้วิจัยได้ทำการพัฒนารูปแบบชุดสื่อการเรียนการสอนร่วมกับเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริงขึ้น โดยผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวังอิทก จังหวัดพิษณุโลกจำนวน 10 คน ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบชุดสื่อการเรียนการสอนร่วมกับเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริง อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วย 1) คู่มือครู 2) คู่มือนักเรียน 3) เนื้อหาบทเรียน 4) การทดสอบ 5) สื่อเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริง 6) การนำเสนอภาพ 3 มิติ 7) รูปแบบของ Marker 8) คุณลักษณะอื่น ๆ ของชุดการเรียนการสอน ผลการพัฒนาชุดสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริงตามองค์ประกอบที่ศึกษา พบว่าผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ในทุกองค์ประกอบ ผลของการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยชุดการเรียนการสอนร่วมกับเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริง พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นในการเรียนด้วยชุดการเรียนการสอนร่วมกับเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริงพบว่าผู้เรียนมีความรู้สึกชอบ และน่าสนใจในการเรียน ขณะที่เรียนรู้ผู้เรียนเรียนด้วยความสนุกสนานและเพลิดเพลิน

สถาพร และปณิตา (2556) ทำการวิจัย เรื่อง การออกแบบสื่อการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยโลกเสมือนผสมผสานโลกจริงในสภาพแวดล้อมทางการเรียนแบบยูบิควิตัส เพื่อลดภาระทางปัญญาของผู้เรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสื่อการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยโลกเสมือนผสมผสานโลกจริง ในสภาพแวดล้อมทางการเรียนแบบยูบิควิตัสเพื่อลดภาระทางปัญญาของผู้เรียน วิจัยดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การวิเคราะห์และสังเคราะห์กรอบแนวคิดสื่อการสอนแบบ

ปฏิสัมพันธ์ด้วยโลกเสมือนผสานโลกจริงในสภาพแวดล้อมทางการเรียนแบบยูบิควิตัส เพื่อลดภาระทางปัญญาของผู้เรียน ระยะที่ 2 การออกแบบสื่อการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยโลกเสมือนผสานโลกจริงในสภาพแวดล้อมทางการเรียนแบบยูบิควิตัส เพื่อลดภาระทางปัญญาของผู้เรียน ออกแบบระบบตามกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ SDLC และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตาม ADDIE Model ระยะที่ 3 การประเมินรับรองการออกแบบสื่อการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยโลกเสมือนผสานโลกจริง ในสภาพแวดล้อมทางการเรียนแบบยูบิควิตัสเพื่อลดภาระทางปัญญาของผู้เรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวิเคราะห์สังเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา แบบประเมินการออกแบบระบบและแบบประเมินการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า (1) สื่อการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยโลกเสมือนผสานโลกจริงในสภาพแวดล้อมทางการเรียนแบบยูบิควิตัส ที่พัฒนาประกอบด้วย 3 ระบบย่อย คือ 1) ระบบสื่อการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ 2) ระบบโลกเสมือนผสานโลกจริง และ 3) ระบบการเรียนการสอนผ่านสภาพแวดล้อมทางการเรียนแบบยูบิควิตัส (2) สื่อการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยโลกเสมือนผสานโลกจริงในสภาพแวดล้อมทางการเรียนแบบยูบิควิตัส เพื่อลดภาระทางปัญญาของผู้เรียน มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก (3) กิจกรรมทางการเรียนแบบยูบิควิตัส เพื่อลดภาระทางปัญญาของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

อาทิตยา (2557) ทำวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนมัลติมีเดียร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศจริงวิชาคอมพิวเตอร์ เรื่อง การใช้งานคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวาสุเทวีจำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลากเลือกห้อง โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อหาคุณภาพบทเรียนมัลติมีเดียร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศจริงวิชาคอมพิวเตอร์เรื่อง การใช้งานคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2) เพื่อหาผลฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 ส่วนเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.31 อยู่ในระดับดี และด้านสื่อมัลติมีเดีย พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.69 อยู่ในระดับดี ผู้เรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อีกทั้งผู้เรียนยังมีความพึงพอใจต่อบทเรียนมัลติมีเดียร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศจริงวิชาคอมพิวเตอร์ เรื่อง การใช้งานคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้เนื่องจาก เป็นสื่อการสอนที่น่าสนใจ มีความแปลกใหม่ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคันคว้า ออกแบบได้น่าสนใจเหมาะสมกับผู้เรียน และอธิบายได้อย่างชัดเจน

ณัฐกานต์ (2557) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงตามหลักการการศึกษابันเทิงเพื่อส่งเสริมความฉลาดทางอารมณ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นระดับประถมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ผลการวิจัยพบว่า (1) รูปแบบการเรียนการสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงตามหลักการการศึกษابันเทิงเพื่อส่งเสริมความ

ฉลาดทางอารมณ์ด้วย I-DU-EQ Model มีขั้นตอนสำคัญคือ 1) ขั้นตอนการเตรียมความสนุก 2) ขั้นตอนกิจกรรม การเรียนรู้แบบบันเทิง และ 3) ขั้นตอนประเมินความฉลาดทางอารมณ์ การประเมิน I-DU-EQ Model (2) ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ารูปแบบการเรียนการสอนแบบปฏิสัมพันธ์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (3) นักเรียนที่เรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ฯ กับการเรียนการสอนตามปกติ มีความฉลาดทางอารมณ์หลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียน โดยความฉลาดทางอารมณ์ของนักเรียน ที่เรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ฯ สูงกว่าความฉลาดทางอารมณ์ ของนักเรียนที่เรียนตามการเรียนการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่สถิติ ระดับ .01 (4) รูปแบบการเรียนการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ฯ สามารถส่งเสริมพัฒนาการความฉลาดทางอารมณ์แตกต่างจากการเรียน การสอนแบบปกติโดยรูปแบบการเรียนการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ฯ สามารถพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ ของนักเรียนได้ดีกว่าการเรียนการสอนแบบปกติการศึกษา (5) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงตามหลักการ การศึกษานันทนาการเพื่อส่งเสริมความฉลาดทางอารมณ์กับนักเรียนที่เรียนตามการเรียนการสอนแบบ ปกติผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ฯ สูงกว่าที่เรียนตามการเรียนการสอนแบบปกติที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 (6) ผลการประเมิน รับรองรูปแบบการเรียนการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงตามหลักการการศึกษา นันทนาการเพื่อส่งเสริมความฉลาดทางอารมณ์จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

Huan-Wen and Chin-Ming (2000) ได้ทำการศึกษาเรื่องการออกแบบห้องปฏิบัติการเสมือนจริง สำหรับการสอนทางด้าน Electric Machinery ซึ่งผู้วิจัยมีแนวความคิดว่าการสอนทางด้านนี้ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง แต่ด้วยข้อจำกัดที่พบในการฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ จริงนั้นจะมีอันตรายและค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นผู้เรียนจึงไม่มีโอกาสได้ฝึกปฏิบัติหลายครั้ง ฉะนั้นการสร้างห้องปฏิบัติการเสมือนจริง ในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1. ต้องมีความเสมือนจริงมากที่สุดโดยใช้เทคโนโลยีของความเป็นจริงเสมือนสร้าง ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

2. ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงที่สร้างขึ้นต้องกระตุ้นให้เกิดการมีปฏิสัมพันธ์ให้มากที่สุด โดยผู้เรียนสามารถฝึกปฏิบัติได้หลายครั้งตามที่ต้องการ และผู้สอนสามารถควบคุมการเรียนและ ซักถามผู้เรียนผ่านทางห้องปฏิบัติการเสมือนจริงได้ด้วย 3. ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง จะต้องมีความยืดหยุ่น คือไม่มีข้อจำกัดทางด้านเวลาและ สถานที่เรียน การออกแบบห้องปฏิบัติการเสมือนจริงสำหรับการสอนทางด้าน Electric Machinery มี ส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ 1. สภาพแวดล้อมการสอน จะเป็นการจัดสภาพแวดล้อมให้มีการเรียนการสอนผ่านทางเว็บเพจ ซึ่งจะสอนในเรื่องเกี่ยวกับทฤษฎี และการปฏิบัติของ Electric Machinery โดยในส่วนที่มีการ ปฏิบัติจะถูกจัดเตรียมไว้ให้เรียนรายเดี่ยวหรือกลุ่มก็ได้ซึ่งจะให้มีการติดต่อผ่านทาง สวิตซ์ และ เครื่องมือที่ติดตั้งไว้แล้ว 2. ในส่วนของ

เครือข่าย จะเตรียมหน้าที่ใช้ทำงานในส่วนที่มีการปฏิสัมพันธ์กับทั้งลูกข่าย และแม่ข่าย 3. ด้านกายภาพ สามารถจัดให้มีการเรียนการสอนผ่านได้ทั้งระบบอินเทอร์เน็ตและ อินทราเน็ต ขั้นตอนในการเรียน จะมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน 1. ลงบันทึกเข้ามาสู่ ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง ผู้เรียนจะต้องเลือกทุนจำลองที่ใช้เป็นสิ่ง สมมติว่าเป็นตัวแทนของผู้เรียนจากรูปแบบทุนที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นข้อมูลของผู้เรียนจะถูก ระบบบันทึกข้อมูลเอาไว้ เช่น บันทึกข้อมูลว่าชื่ออะไร, เข้าสู่ระบบครั้งแรกเมื่อใด, และมีการ บันทึกการเรียนของผู้เรียน 2. ทุนจำลองที่ผู้เรียนเลือกนั้นสามารถเลือกเข้าสู่การทดลองใด ๆ ก็ได้ใน ห้องปฏิบัติการ เสมือนจริง ซึ่งจะมีการทั้งหมด 4 การทดลองให้ผู้เรียนเลือก 3. การมีปฏิสัมพันธ์ในระบบจะกำหนดให้ผู้เรียนได้มีการปฏิสัมพันธ์ไว้ทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ การติดต่อกันระหว่างครูและผู้เรียน, การปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับโปรแกรมที่จัดไว้, และมี การสาธิตของครูของครูในการใช้อุปกรณ์ให้ผู้เรียนดู 4. ระบบจะทำการประเมินผลการเรียนของผู้เรียนว่าผ่านหรือไม่ 5. หลังจากผู้เรียนออกจาก ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง ไปแล้วระบบจะมีการบันทึกผลการ เรียนของผู้เรียนคนนั้นเอาไว้ ซึ่งจากผลการทดลองใช้แล้วพบว่า ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง ที่สร้างขึ้นนั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้ให้นักศึกษาวิศวกรรมเรียนเพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบการเรียนทางไกล โดยเฉพาะในส่วนที่ต้องฝึกปฏิบัติการใช้เครื่องมือ ซึ่งห้องปฏิบัติการเสมือนจริง ที่สร้างขึ้นนี้จะ เน้นในเรื่องมีความเสมือนจริงสูง, มีความยืดหยุ่น, และมีปฏิสัมพันธ์ ซึ่งเหมาะที่จะเรียนเป็น รายบุคคล หรือเรียนเป็นทีม

Kawabata, Yamada, and Sanekata (2004) ได้สร้างห้องปฏิบัติการเสมือนจริง สำหรับวิชาฟิสิกส์ขึ้น เนื่องจากนักศึกษาที่ Tokyo Polytechnic University ชั้นปีที่ 1 ต้องเรียนวิชาฟิสิกส์ แต่จากการสำรวจพบว่าร้อยละ 20 ของนักศึกษาไม่เคยเรียนวิชาฟิสิกส์มาก่อนในระดับชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์นั้นจะเกี่ยวข้องกับวิธีการทดลองต่าง ๆ โดยจะศึกษาหาความรู้ภายใต้ ปรากฏการณ์ของฟิสิกส์ ซึ่งโดยปกติวิธีการเรียนการสอนในการปฏิบัติการในวิชาฟิสิกส์ นักศึกษา จะต้องอ่านคู่มือปฏิบัติทำการทดลอง และจะต้องเตรียมอุปกรณ์ด้วยตนเอง ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะทำให้นักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาฟิสิกส์มาก่อนเกิดความเข้าใจที่จะเห็นภาพรวมทั้งหมดของการฝึกปฏิบัติการ ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงได้พัฒนาห้องปฏิบัติการแบบใหม่ขึ้นมา โดยมีการนำเอามัลติมีเดีย และเทคโนโลยีสารสนเทศ เข้ามาช่วยและกำหนดให้ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงที่สร้างขึ้นนั้นมี หน้าที่ 3 ประการคือ 1. นักศึกษาได้รับทักษะพื้นฐานที่สำคัญ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการจริงได้ 2. นักศึกษาสามารถเรียนรู้ถึงหลักการ ทฤษฎีต่าง ๆ ของวิชาฟิสิกส์ได้ 3. นักศึกษาได้เห็นปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์จริง ๆ ซึ่งจะช่วยให้พวกเขาเข้าใจกฎธรรมชาติและเป็นการช่วยกระตุ้นให้นักศึกษามีความสนใจในวิชาฟิสิกส์เพิ่มมากขึ้น ระบบห้องปฏิบัติการเสมือนจริง ที่พัฒนาขึ้นนั้นจะเป็นห้องปฏิบัติการแบบใหม่ที่สร้างขึ้น บน Web จะมีความเป็น Multimedia เพิ่มขึ้นโดยประกอบด้วยตัวอักษร ภาพประกอบคำบรรยาย Video Clips เช่น

Real Player และ Quick Time บนอินเทอร์เน็ต ซึ่งตัวอักษรจะอธิบายถึงสูตร คณิตศาสตร์และการได้มาของสมการและทฤษฎี ส่วนแนวความคิดเบื้องต้นของการทดลองจะถูก แสดงโดยภาพประกอบการบรรยาย ส่วนการสาธิตปรากฏการณ์ของการทดลองจะถูกอธิบายโดย Video Clips ซึ่งการสาธิตจาก Video Clips และการจำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์นั้นจะทำให้นักศึกษาเข้าใจปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ได้ง่าย จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือนจริงนั้นพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจมาก เพราะนักศึกษาสามารถเรียนที่ไหนก็ได้ตามที่ต้องการ โดยสามารถศึกษาบทเรียนได้ก่อนเรียนจริง และสามารถเลือกที่ทบทวนเนื้อหาที่เรียนไปแล้วก็ครั้งก็ได้ตามที่ต้องการ อีกทั้งผู้วิจัยพบว่าห้องปฏิบัติการเสมือนจริง จะมีความแตกต่างจากห้องปฏิบัติการจริงเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในเรื่องของการให้แนวความคิดในการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับผู้เริ่มต้น ห้องปฏิบัติการปกติจะเหมาะกับนักเรียนที่เคยมีพื้นฐานทางด้านฟิสิกส์มาก่อนแล้ว แต่ในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง จะมีเครื่องมือที่เป็นอุปกรณ์หลายอย่างที่จะช่วยให้ผู้เรียนใหม่เกิดความรู้ได้

Ke, F., Lee, S., & Xu, X. (2016) ได้จัดทำงานวิจัยเรื่อง การสอนการฝึกอบรมในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบบูรณาการผสมความเป็นจริง (Teaching training in a mixed-reality integrated learning environment) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ การพัฒนาล่าสุดของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ทำให้ความเป็นไปได้ในการรวมการเรียนการสอนและการฝึกอบรม (Abulrub, Attridge, & Williams, 2011; Gregory et al., 2013) ; Jou & Wang, 2013) เสมือนจริง (VR) หรือ โลกเสมือนเป็นคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นแบบ 3D แทนสภาพแวดล้อมในชีวิตจริง ผู้ใช้สามารถนำทางไปรอบๆระหว่างการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมประชุม 22 คน จาก 23 คน ประโยชน์ในการฝึกอบรมผู้ช่วยสอนผู้เริ่มต้น เมื่อได้รับการขอให้คะแนนประสบการณ์ การเรียนการสอนเสมือนแบบผู้เข้าร่วมกิจกรรม รายงานว่ามีระดับความพึงพอใจเฉลี่ย 78% การวิเคราะห์พฤติกรรมด้วยกระบวนการสอนเสมือนจริงของผู้เข้าร่วมแสดงให้เห็นภาพรวมของผลการเรียนการสอนที่กำหนดเป้าหมายโดยผู้เข้าร่วมสนับสนุนสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ Virtual Reality เป็นเวทีทางเลือกสำหรับการสอนการใช้งานที่เป็นประโยชน์ งานสอนการสอนการปฏิบัติงานการสอนและกลยุทธ์ที่ประกอบขึ้นโดยผู้เข้าอบรมในช่วงการสอนเสมือนจริงพร้อมกับความถี่ในการแสดงผลที่รวบรวมไว้ในผู้เข้าร่วมทั้งหมด ในการสอนที่ดำเนินการโดยผู้เข้าร่วมการศึกษานั้น 66% เป็นผู้ให้คำแนะนำ (หรือบรรยาย) 19% สำหรับการจัดการห้องเรียนและ 15% มีส่วนร่วมในการโต้ตอบของนักเรียน ผู้เรียนมากกว่า 80% แสดงความเชื่อมั่นในการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นการเรียนการสอนมากกว่าการปฏิสัมพันธ์หรือการจัดการของนักเรียนดังที่ได้กล่าวไว้ในข้อคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมว่า “ความสำคัญคือการเตรียมการบรรยาย ไม่ใช่ห้องเรียน” การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนลดลงนักเรียนอาจเกี่ยวข้องกับความต้องการลำบากในการปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน NPC และด้วยเหตุนี้ความรู้สึกที่ลดลงของการมีปฏิสัมพันธ์ของครูกับนักเรียนในการโต้ตอบระหว่างผู้สอนกับนักเรียน 66% มีส่วนร่วมในการตอบคำถาม (21%ของปฏิสัมพันธ์)

2.7 สรุปเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม พบว่า มีนักวิจัยหลายท่านได้พัฒนาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้ ทั้งการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยี วิธีการกระบวนการจัดการเรียนรู้ และอื่น ๆ อีกมากมาย เพื่อพัฒนาทักษะหรือการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ หรือแม้กระทั่งการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น มีการประยุกต์ยุทธศาสตร์การเรียนรู้มาจัดการเรียนการสอน เช่น การเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน หรือการเรียนรู้โดยใช้แนวทางของวิศวกรรมการออกแบบ แต่อย่างไรก็ตามก็ยังไม่มียกย่องท่านใดนำ 2 กระบวนการนี้มาผสมผสานเป็นกระบวนการเรียนรู้แบบโครงการเชิงวิศวกรรม และผนวกกับการใช้เทคโนโลยีห้องปฏิบัติการเสมือนโดยใช้ความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมของผู้เรียน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม เพื่อแก้ปัญหาและให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model)

การดำเนินงานวิจัย แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้

3.1 ระยะที่ 1 พัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.2 ระยะที่ 2 พัฒนาระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.3 ระยะที่ 3 ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.4 ระยะที่ 4 ประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.1 ระยะที่ 1 พัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model)

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม เป็นการศึกษาค้นคว้า วิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัยระยะที่ 1 คือ เพื่อศึกษาและสังเคราะห์กรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม และพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

3.1.1.1 รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.1.1.2 แบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.1.2 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

3.1.2.1 ขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม พัฒนารูปแบบขึ้นจากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ เป็นการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสังเคราะห์กรอบแนวคิด และพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

3.1.2.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ การเรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน แนวคิดเชิงวิศวกรรม ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์ เพื่อให้ได้ความหมาย องค์ประกอบ ขั้นตอน และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จัดทำเป็นตารางสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

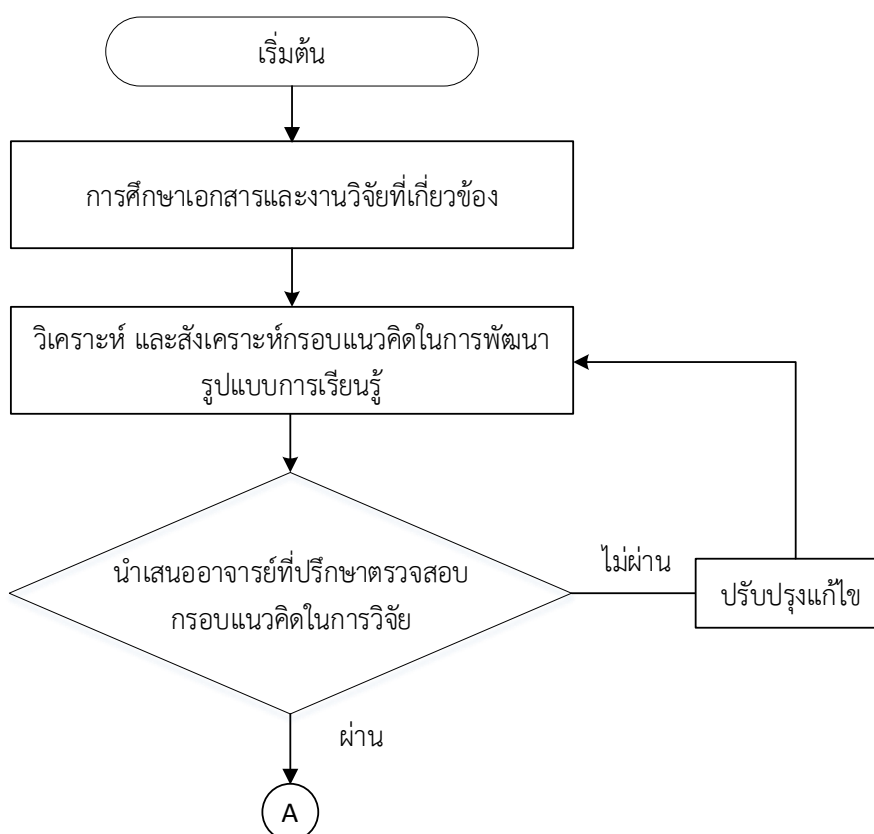
3.1.2.1.2 วิเคราะห์ และสังเคราะห์กรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษากรอบแนวคิดตามขั้นตอนของทิสนา แคมมณี ได้ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์
2. ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
3. เลือกข้อมูลที่เป็นประโยชน์
4. นำข้อมูลที่เลือกมาเป็นฐานในการทำกรอบแนวคิด
5. สร้างสิ่งใหม่ตามวัตถุประสงค์โดยอาศัยกรอบแนวคิด
6. นำเสนอสิ่งใหม่

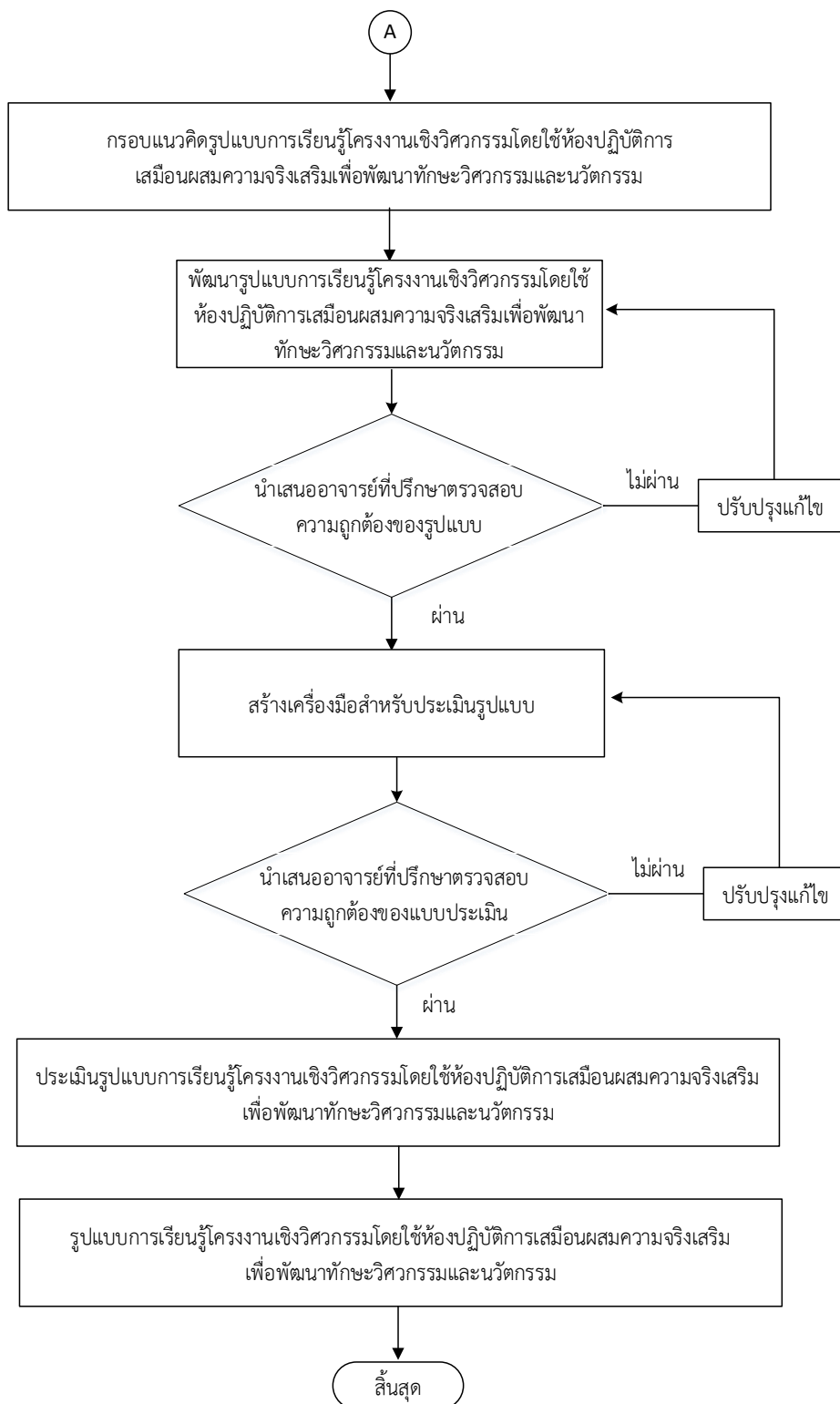
โดยผู้วิจัยได้จัดทำเอกสารที่ผ่านการวิเคราะห์และสังเคราะห์นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบความเหมาะสมของความหมาย องค์ประกอบ ขั้นตอน และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ของกรอบแนวคิดในการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุง แก้ไข ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้ได้กรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.1.2.1.3 พัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ตามกรอบแนวคิดในการวิจัย เมื่อพัฒนาเสร็จแล้ว นำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.1.2.1.4 สร้างเครื่องมือสำหรับประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่สร้างขึ้น แล้วนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (ต่อ)

3.1.2.2 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินรูปแบบ

แบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1.2.2.1 ศึกษาตัวอย่างแบบประเมิน และวิธีการสร้างแบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และวิศวกรรมศาสตร์

3.1.2.2.2 กำหนดประเด็นที่จะประเมิน โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญ รายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับรายละเอียดของรูปแบบ

3.1.2.2.3 สร้างแบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่สร้างขึ้น โดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert's Scale) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ (รวิวรรณ, 2535 : 123) ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึงเหมาะสมในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึงเหมาะสมในระดับมาก

ระดับ 3 หมายถึงเหมาะสมในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึงเหมาะสมในระดับน้อย

ระดับ 1 หมายถึงเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

3.1.2.2.4 นำแบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ฉบับร่างเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบประเมินหาข้อบกพร่อง ความเหมาะสมของรูปแบบ และความถูกต้องของภาษา เป็นต้น และปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ให้ได้แบบประเมินที่มีคุณภาพ เพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญต่อไป

3.1.3 วิธีการรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นทั้งหมด 9 ท่าน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ทางการศึกษา ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร และทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มละ 3 ท่าน โดยวิธีการรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

3.1.3.1 รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะ

วิศวกรรมและนวัตกรรม และจัดทำในรูปแบบเอกสาร โดยนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ที่สังเคราะห์ขึ้นให้กับผู้เชี่ยวชาญ

3.1.3.2 ส่งเอกสารแบบประเมิน พร้อมเอกสารอธิบายรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้ โครงการงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทราบถึงรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น

3.1.3.3 เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ข้อมูลเบื้องต้นของผู้เชี่ยวชาญ รายการประเมิน และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยผู้เชี่ยวชาญทำการบันทึกข้อมูลลงในแบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงการงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.1.3.4 วิเคราะห์ผลข้อมูล ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงการงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่านเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อไป

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้

3.1.4.1 นำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงการงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นรายข้อ จากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยรวมของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.1.4.2 นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาทำการประเมินกับเกณฑ์วัดผล โดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert's Scale) ซึ่งเป็นข้อคำถามที่แสดงเจตคติหรือความรู้สึกต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด แบ่งออกเป็น 5 ระดับ (นคร, 2555: 29) โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) ของความคิดเห็น การพิจารณาค่าของความคิดเห็นจะเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย (ประคอง, 2542) ดังนี้

ระดับ 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ระดับ 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ระดับ 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ระดับ 1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

3.1.4.3 นำค่าเฉลี่ยรวมของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาวิเคราะห์หาคุณภาพ โดยเทียบกับเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้

3.1.4.4 นำเสนอข้อมูลในรูปแบบตาราง และสรุปข้อมูลบรรยายใต้ตารางรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.2 ระยะที่ 2 พัฒนาระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

การพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมในรูปแบบของเทคโนโลยีความจริงเสมือนผสมความจริงเสริม ซึ่งเป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนการสอนสำหรับใช้ในการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่สอดคล้องกับระบบการสอนที่พัฒนาขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัยระยะที่ 2 คือ เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

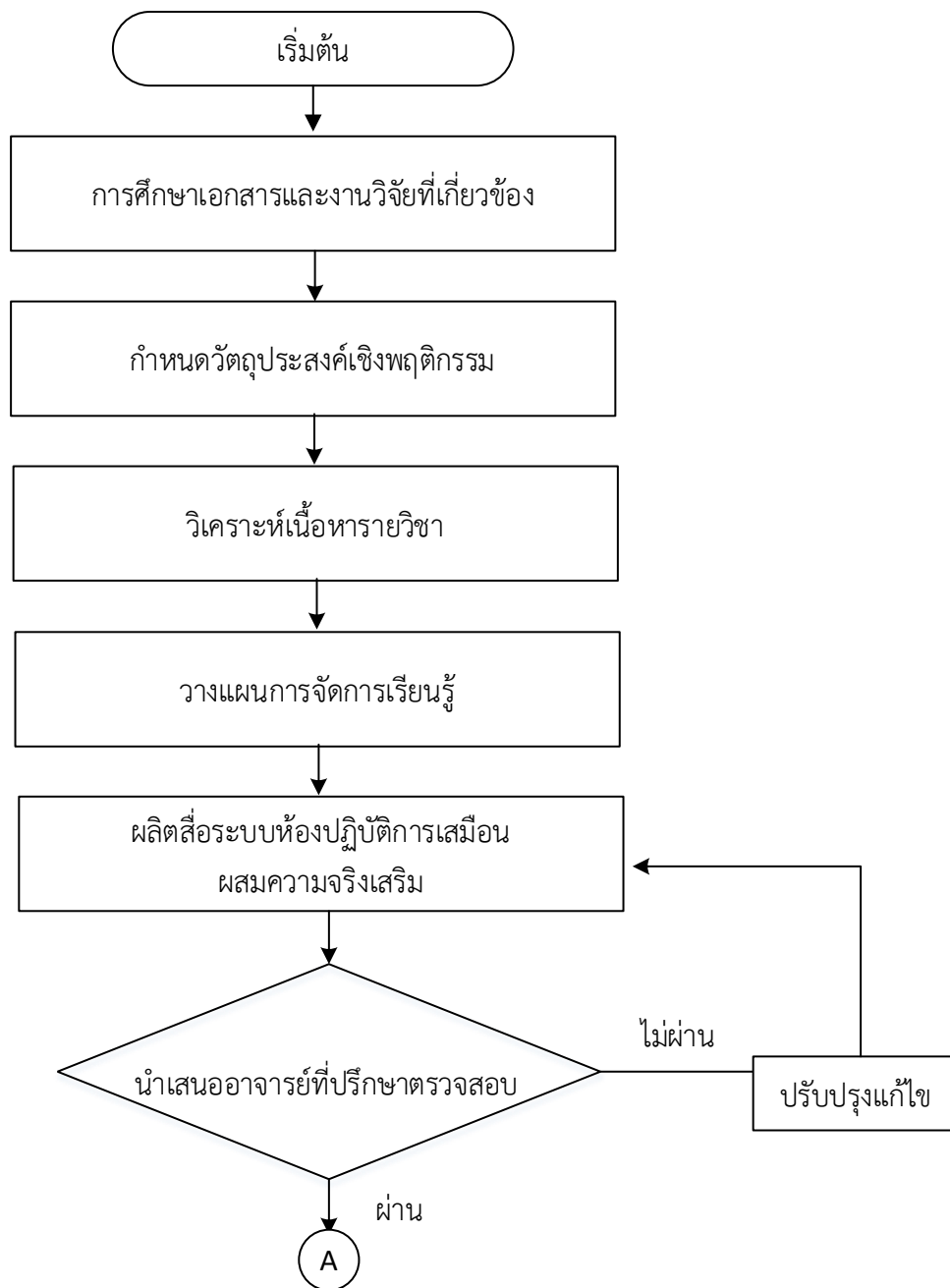
3.2.1.1 ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.2.1.1.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

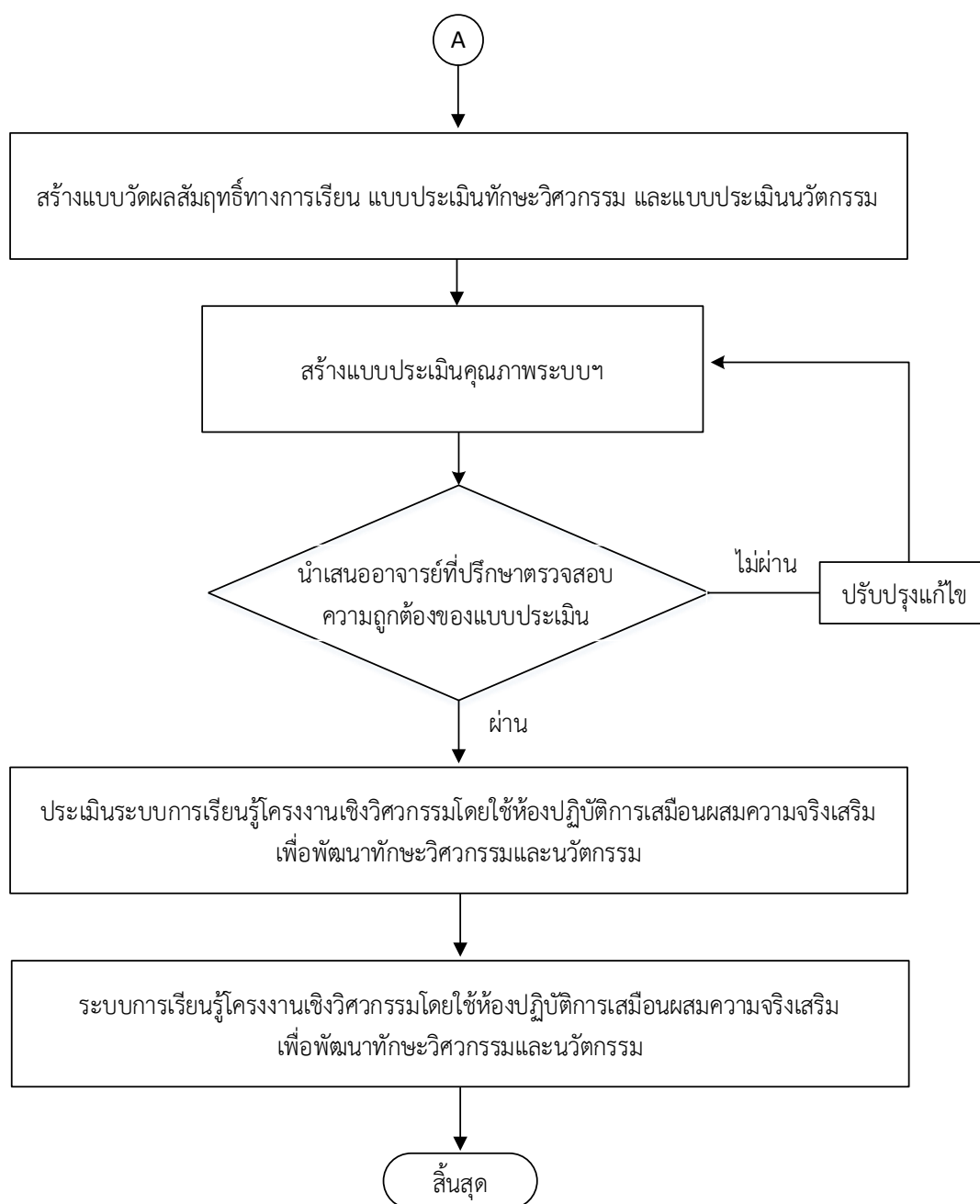
3.2.1.1.2 แบบประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.2.1.1.3 แบบประเมินนวัตกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.2.1.2 แบบประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการพัฒนาการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (ต่อ)

3.2.2 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

3.2.2.1 ขั้นตอนการพัฒนากระบวนการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ประกอบด้วย วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหารายวิชา แผนการจัดการเรียนรู้ ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินทักษะวิศวกรรม และแบบประเมินนวัตกรรม ซึ่งการพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 7 ส่วน ดังนี้

3.2.2.1.1 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา ในรายวิชาปฏิบัติการ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (หลักสูตรปรับปรุง 2559) 5532106 ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ 1 (0-3-0) Electronic Engineering Laboratory คำอธิบายรายวิชา ปฏิบัติการที่มีเนื้อหาสัมพันธ์กับ วิชา 5532105 วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ คุณลักษณะด้านแรงดันและกระแส และด้านความถี่ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การวิเคราะห์และออกแบบวงจรของทรานซิสเตอร์แบบ ไบโพลาร์ แบบมอส วงจรขยายออปแอมป์และการประยุกต์ใช้งาน) ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรมไว้ดังนี้

1. นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และเซ็นเซอร์ได้
2. นักศึกษาสามารถบอกการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และเซ็นเซอร์ได้
3. นักศึกษาสามารถอธิบายคุณสมบัติพื้นฐานการตอบสนองไฟตรงของไดโอดได้
4. นักศึกษาสามารถอธิบายคุณสมบัติพื้นฐานการตอบสนองไฟสลับของไดโอดได้
5. นักศึกษาสามารถอธิบายคุณสมบัติพื้นฐานของวงจรเรียงสัญญาณได้
6. นักศึกษาสามารถอธิบายคุณสมบัติพื้นฐานของทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ได้
7. นักศึกษาสามารถอธิบายทำงานวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์
8. นักศึกษาสามารถอธิบายทำงานวงจรขยายทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ได้
9. นักศึกษาสามารถอธิบายคุณสมบัติพื้นฐานของมอสทรานซิสเตอร์ได้
10. นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานวงจรไบอัสมอสทรานซิสเตอร์ได้
11. นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายมอสทรานซิสเตอร์ได้
12. นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสได้
13. นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายแบบกลับเฟสได้
14. นักศึกษาสามารถจำลองผลการทำงานวงจรได้

3.2.2.1.2 เนื้อหารายวิชา

วิเคราะห์เนื้อหารายวิชา ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในรายวิชาปฏิบัติการ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (หลักสูตรปรับปรุง 2559) 5532106 ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ 1 (0-3-0) Electronic Engineering Laboratory ซึ่งเนื้อหาประกอบด้วย อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และ เซ็นเซอร์ การทดลองที่ 1 คุณลักษณะไดโอด และวงจรเรียงสัญญาณ การทดลองที่ 2 คุณลักษณะ ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ และวงจรขยาย การทดลองที่ 3 คุณลักษณะทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า และ วงจรขยาย และการทดลองที่ 4 วงจรขยายออปแอมป์

3.2.2.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้

การวางแผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้ารวบรวมเนื้อหาในแต่ละหัวข้อเรื่องที่ทําวิจัย โดยค้นคว้าจากตำราวิชาการ สื่อ Internet หรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง และสืบค้นข้อมูล รูปภาพ สื่อต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทําวิจัย และปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกำหนดขอบเขตเนื้อหาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ลำดับความคิดรวบยอดที่จัดให้ได้เรียนรู้ก่อนหลัง โดยพิจารณาขอบข่ายเนื้อหา และกิจกรรมที่กำหนดไว้ในคำอธิบายรายวิชา
3. กำหนดผลที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน เมื่อได้เรียนรู้ความคิดรวบยอดแต่ละเรื่องแล้ว
4. กำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ในคำอธิบายรายวิชา หรืออาจพิจารณาจากกิจกรรมที่เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ โดยเลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ออกแบบปฏิสัมพันธ์ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ แทนการเรียนด้วยการฟังครูพูด
5. กำหนดสื่อที่ใช้ควรเลือกให้สอดคล้องกับเนื้อหา
6. กำหนดเวลาเรียนให้เหมาะสมกับขอบข่ายเนื้อหาสาระ และกิจกรรมที่กำหนดไว้
7. กำหนดขั้นตอนหรือวิธีการวัดและประเมินผล โดยเลือกใช้วิธีการวัดผล ประเมินผลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และสร้างแบบประเมินผลให้ครอบคลุมเนื้อหา
8. รวบรวมรายละเอียดตามกิจกรรมข้อ 1-7 จัดทำเป็นเอกสารที่เรียกว่า แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เป็นแนวทางในการเตรียมแผนการสอนต่อไป

3.2.2.1.4 ระบบห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม

ออกแบบระบบห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม ด้วยโปรแกรม Vuforia โปรแกรม Unity 3D โปรแกรม Android Studio และโปรแกรม Visual Studio โดยกระบวนการผลิตมีดังนี้

1. ขั้นตอนการวางแผนก่อนการผลิต (Pre - Production)

ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหาในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยจัดทำเนื้อหาในลักษณะของภาพวิดีโอเคลื่อนไหวประกอบเทคโนโลยีความจริงเสมือน และเทคโนโลยีความจริงเสริม

2. ขั้นตอนการผลิต (Production)

ผู้วิจัยได้นำสิ่งที่จัดเตรียมไว้มาจัดทำเนื้อหาในรูปแบบภาพวิดีโอเคลื่อนไหว และนำเนื้อหาที่จัดทำขึ้นไปเป็นส่วนหนึ่งของการนำเสนอในรูปแบบเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่สามารถปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม แล้วจึงนำระบบไปนำเสนอให้กับอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ และแนะนำแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข พัฒนาระบบให้มีคุณภาพมากขึ้น

3. ขั้นตอนหลังการผลิต (Post - Production)

ปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา เมื่อได้รับคำแนะนำแนวทางการปรับปรุงแก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ผู้วิจัยจึงนำข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับปรุงแก้ไข พัฒนาระบบให้มีคุณภาพมากขึ้น และผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของภาพวิดีโอเคลื่อนไหว และตรวจสอบความสมบูรณ์ของเทคโนโลยีความจริงเสมือนร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม

3.2.2.1.5 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เกณฑ์ในการให้คะแนน คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน โดยการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากคู่มือ และ เอกสารต่าง ๆ

2. วิเคราะห์เนื้อหารายวิชา ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

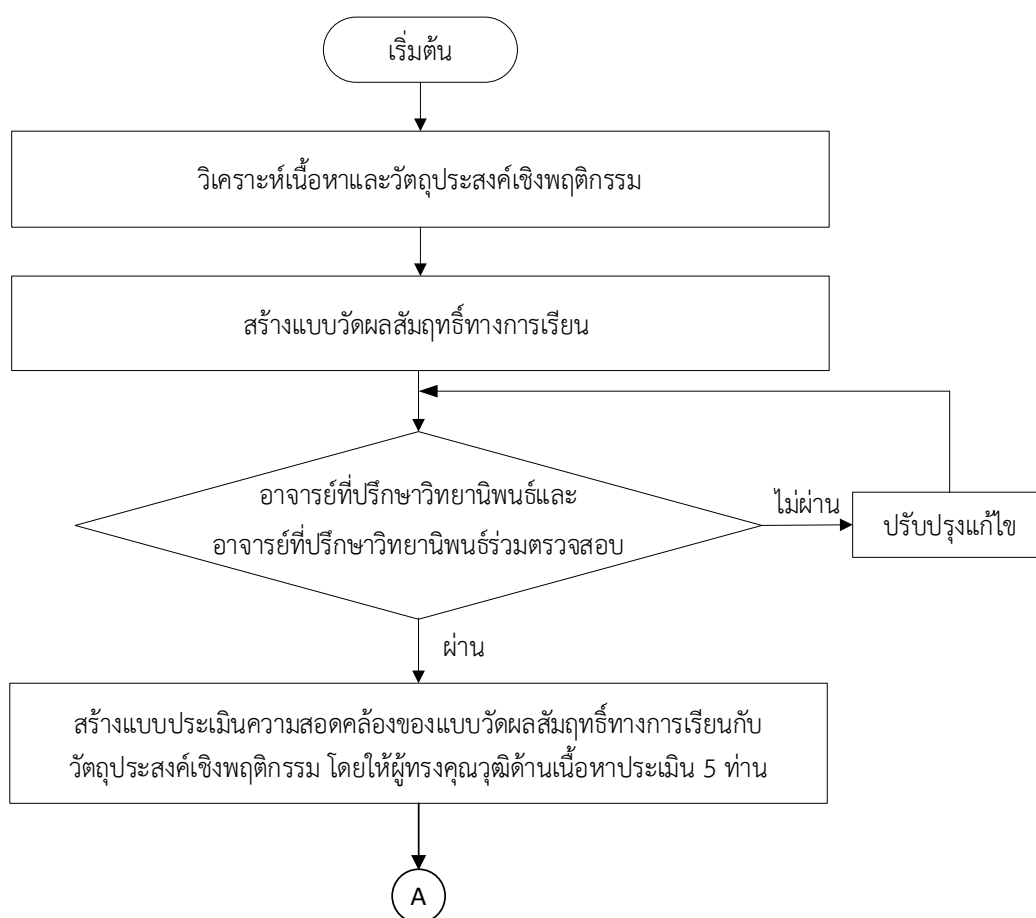
3. สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 67 ข้อ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ตามที่ได้วิเคราะห์ในช่วงต้น จากนั้นนำไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อตรวจสอบความถูกต้องตามเนื้อหาและความเหมาะสมของข้อคำถาม

4. สร้างแบบประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 5 ท่าน พิจารณาการตรวจสอบความสอดคล้อง บันทึกผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญแต่ละข้อ นำไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยผู้วิจัยกำหนดค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ใช้เป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ จากผลการคำนวณได้ทำการคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 จำนวน 2 ข้อ ข้อคำถามมีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.67 จำนวน 10 ข้อ และข้อคำถามมีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 จำนวน 55 ข้อ รวมเป็น 67 ข้อ

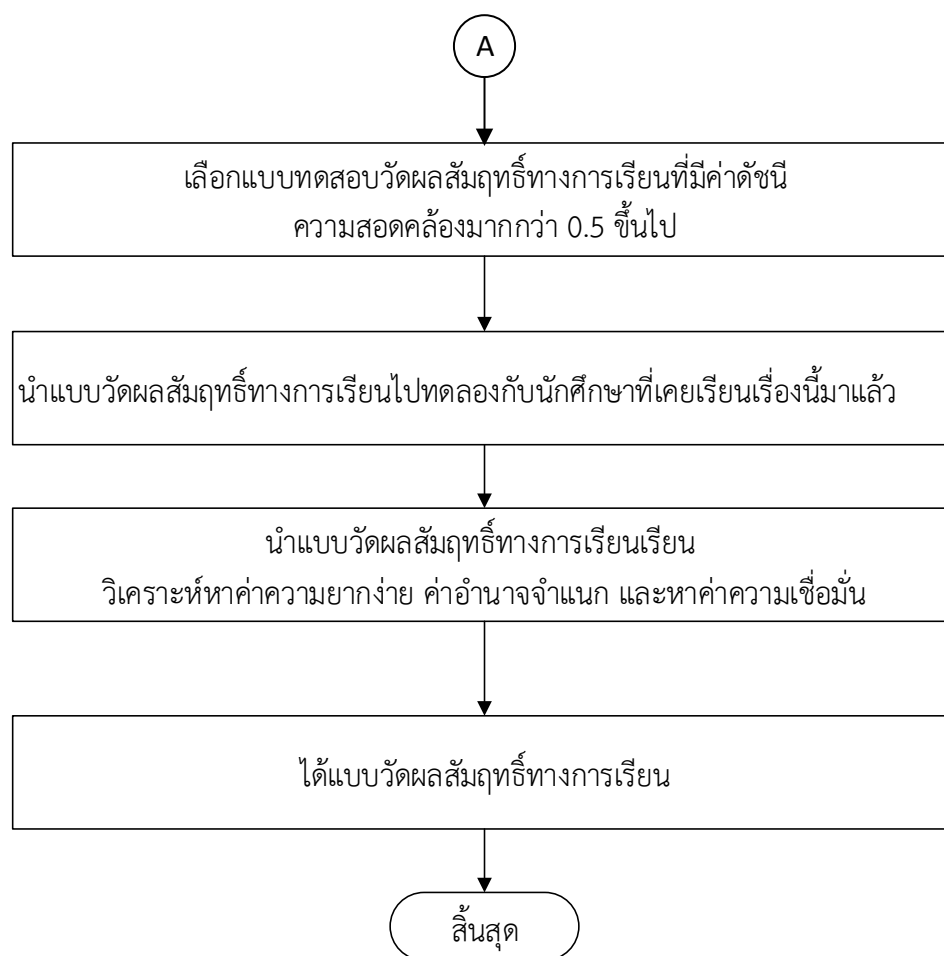
5. นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จำนวน 65 ข้อไปทดสอบกับนักศึกษาที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว จำนวน 40 คน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D)

เป็นรายชื่อ แล้วเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผลการหาค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.55 ได้ข้อสอบจำนวน 64 ข้อ โดยเลือกไปเป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 50 ข้อ

6. นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 50 ข้อ หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งฉบับเท่ากับ 0.87



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ต่อ)

3.2.2.1.6 แบบประเมินทักษะวิศวกรรม

ขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินทักษะวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินทักษะวิศวกรรม โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาตัวอย่างแบบประเมินทักษะวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาตัวอย่างแบบประเมินทักษะวิศวกรรม จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. กำหนดประเด็นที่จะประเมิน ผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นสำหรับการประเมินตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา การกำหนดโครงงาน การออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหา การดำเนินการ ประยุกต์หรือแก้ไขปัญหาลงมือทำ และการพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

3. ออกแบบแบบประเมินทักษะวิศวกรรม สำหรับรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยใช้คะแนนรูบริก (Rubric Score)

4. ร่างแบบประเมินทักษะวิศวกรรม สำหรับสำหรับรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยในแบบวัดจะมีการจัดบันทึกข้อมูลของผู้เรียน และจัดทำประเด็นการประเมินในรูปแบบตาราง เพื่อให้สะดวกต่อการจัดบันทึกข้อมูล

5. ประเมินความเที่ยงตรงของแบบประเมินทักษะวิศวกรรม สำหรับสำหรับรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรง โดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC)

6. ปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากแบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เพื่อพัฒนาแบบประเมินทักษะวิศวกรรมให้มีความเที่ยงตรงมากขึ้น และเตรียมความพร้อมสำหรับนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.2.2.1.7 แบบประเมินนวัตกรรม

ขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินนวัตกรรม เป็นการประเมินผลงานของผู้เรียนหลังเรียนตามรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ประเมินโดยใช้แบบประเมินนวัตกรรม โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาตัวอย่างแบบประเมินนวัตกรรม ผู้วิจัยศึกษาหลักการ แนวคิด เกี่ยวกับแบบประเมินผลงานนวัตกรรม จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. กำหนดประเด็นที่จะประเมิน ผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นสำหรับการประเมิน ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่ของนวัตกรรม การใช้เทคนิควิธีการคิดที่หลากหลาย ความสวยงาม ความประณีต และความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน การสร้างผลงานนวัตกรรม คุณภาพ และการนำไปใช้ประโยชน์

3. ออกแบบแบบประเมินนวัตกรรม สำหรับรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยใช้คะแนนรูบริก (Rubric Score)

4. ร่างแบบประเมินนวัตกรรม สำหรับสำหรับรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยในแบบวัดจะมีการจัดบันทึกข้อมูลของผู้เรียน และจัดทำประเด็นการประเมินในรูปแบบตาราง เพื่อให้สะดวกต่อการจัดบันทึกข้อมูล

5. ประเมินความเที่ยงตรงของแบบประเมินนวัตกรรม สำหรับสำหรับรูปแบบการเรียนรู้
โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและ
นวัตกรรม โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรง โดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index
of Item Objective Congruence: IOC)

6. ปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากแบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
เพื่อพัฒนาแบบประเมินนวัตกรรม ให้มีความเที่ยงตรงมากขึ้น และเตรียมความพร้อมสำหรับนำไปใช้
กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.2.2.2 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรม
โดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

แบบประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสม
ความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.2.2.2.1 ศึกษาตัวอย่างแบบประเมินคุณภาพระบบ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา
ตัวอย่างแบบประเมินคุณภาพระบบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับด้านเทคโนโลยีความ
จริงเสมือน เทคโนโลยีความจริงเสริม และสื่อมัลติมีเดียต่าง ๆ

3.2.2.2.2 สร้างแบบประเมินคุณภาพของแบบประเมินคุณภาพ ผู้วิจัยได้แบ่ง
การประเมินออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยแบ่งระดับความ
คิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ และเกณฑ์การจัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ (รวิวรรณ, 2535 : 123) โดยใช้วิธี
ของลิเคิร์ต (Likert's Scale) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มาก

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง น้อย

ระดับ 1 หมายถึง น้อยที่สุด

3.2.2.2.3 ร่างแบบประเมินคุณภาพระบบห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริง
เสริม เมื่อได้รูปแบบการประเมินคุณภาพแล้ว ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลมาจัดทำแบบประเมิน โดยแบบ
ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา มีประเด็นในการประเมิน 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ ด้าน
ภาษาและภาพประกอบ ด้านตัวอักษรและสี และด้านความเหมาะสม ด้านเนื้อหาเกี่ยวกับกิจกรรมการ
เรียนการสอนแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม
เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีประเด็นในการประเมิน
6 ด้าน คือ ด้านรูปแบบสื่อและการนำเสนอ ด้านรูปภาพประกอบสื่อ ด้านตัวอักษรประกอบสื่อ
ด้านวิดีโอประกอบสื่อ ด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน และด้านการออกแบบระบบการ

เรียนรู้แบบโครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.2.2.2.4 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ความถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์ และความครอบคลุมของข้อคำถาม และปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

3.2.2.2.5 ปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา เมื่อได้รับคำแนะนำแนวทางการปรับปรุงแก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ผู้วิจัยจึงนำข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับปรุงแก้ไข พัฒนาแบบประเมินคุณภาพให้มีคุณภาพมากขึ้น และเตรียมความพร้อมสำหรับการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญต่อไป

3.2.3 วิธีการรวบรวมข้อมูล

3.2.3.1 แบบประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แบบประเมินทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผู้วิจัยได้ทำการประเมินความเที่ยงตรงของแบบประเมินทักษะวิศวกรรม และแบบประเมินนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน โดยวิธีการรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

3.2.3.1.1 รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม และจัดทำในรูปแบบเอกสาร โดยนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ที่สังเคราะห์ขึ้น แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และจัดเตรียมแบบประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แบบประเมินทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

3.2.3.1.2 ส่งเอกสารแบบประเมิน แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พร้อมเอกสารอธิบายรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทราบถึงรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น

3.2.3.1.3 เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ข้อมูลเบื้องต้นของผู้เชี่ยวชาญ รายการประเมิน และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยผู้เชี่ยวชาญทำการบันทึกข้อมูลลงในแบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.2.3.1.4 วิเคราะห์ผลข้อมูล ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แบบประเมินทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อไป

3.2.3.2 แบบประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นทั้งหมด 7 ท่าน โดยวิธีการรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

3.2.3.2.1 รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม เป็นลักษณะรูปเล่มรายงาน เพื่อให้ง่ายต่อการนำเสนอเนื้อหาให้ผู้เชี่ยวชาญและจัดเตรียมแบบประเมินคุณภาพระบบ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

3.2.3.2.2 การสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 4 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทราบถึงรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น

3.2.3.2.3 เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ข้อมูลเบื้องต้นของผู้เชี่ยวชาญ รายการประเมิน และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยผู้เชี่ยวชาญทำการบันทึกข้อมูลลงในแบบประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.2.3.2.4 วิเคราะห์ผลข้อมูล ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่านเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อไป

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.4.1.1 นำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 5 ท่านพิจารณาการตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

- | | |
|----------|--|
| คะแนน 1 | สำหรับข้อความที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |
| คะแนน 0 | สำหรับข้อความที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |
| คะแนน -1 | สำหรับข้อความที่เห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม |

โดยสูตรการคำนวณมีดังนี้ (พร้อมพรรณ, 2538 : 84) ซึ่งจะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมตั้งแต่ 0.50 – 1.00

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

3.2.4.1.2 การหาค่าความยากง่าย (Difficulty) (ล้วน และอังคณา, 2543)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P คือ ความยากง่าย

R คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.81 - 1.00 เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก

0.60 - 0.80 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย

0.40 - 0.59 เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ

0.20 - 0.39 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก

0.00 - 0.19 เป็นข้อสอบที่ยากมาก

3.2.4.1.3 หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ล้วน และอังคณา, 2543)

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ D คือ อำนาจจำแนกรายข้อ

R_U คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

ขอบเขตของค่า D และความหมาย

0.4 ขึ้นไป อำนาจจำแนกสูง คุณภาพดีมาก

0.30 - 0.39 อำนาจจำแนกปานกลาง คุณภาพพอสมควร

0.20 - 0.29 อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ คุณภาพพอใช้ได้

0.00 - 0.19 อำนาจจำแนกต่ำ คุณภาพใช้ไม่ได้

3.2.4.1.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร

KR.20 (พวงรัตน์, 2543 : 125)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

n คือ จำนวนข้อสอบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

p คือ สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบถูก

q คือ สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบผิด

S_t^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่า

0.7 – 1.0 แสดงว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความเชื่อมั่นสูง

0.4 – 0.6 แสดงว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความเชื่อมั่นปานกลาง

ต่ำกว่า 0.3 แสดงว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความเชื่อมั่นต่ำ

3.2.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินทักษะวิศวกรรม และแบบประเมินนวัตกรรม

นำแบบประเมินความเที่ยงตรงของแบบประเมินทักษะวิศวกรรม และแบบประเมินนวัตกรรมที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านพิจารณาความเที่ยงตรง โดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็น

คะแนน 1 มีความแน่ใจว่าสอดคล้อง

คะแนน 0 มีความไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง

คะแนน -1 มีความแน่ใจว่าไม่สอดคล้อง

โดยสูตรการคำนวณมีดังนี้ ซึ่งจะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 – 1.00

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีสอดคล้องของข้อคำถาม

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

3.2.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรม โดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.2.4.3.1 นำค่าของระดับการประเมินที่ได้จากการประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญด้าน 7 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นรายข้อ จากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยรวมของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.2.4.3.2 นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาทำการประเมินกับเกณฑ์วัดผล โดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert's Scale) ซึ่งเป็นข้อคำถามที่แสดงเจตคติหรือความรู้สึกต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด แบ่งออกเป็น 5 ระดับ (นคร และภรณ์, 2555: 29) โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean: $\bar{X}$) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของความคิดเห็น การพิจารณาค่าของความคิดเห็นจะเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย (ประคอง, 2542) ดังนี้

ระดับ 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ระดับ 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ระดับ 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ระดับ 1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ในการประเมินระบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดยกำหนดให้ค่าเฉลี่ยต้องมีค่าตั้งแต่ 4.00 ขึ้นไป จึงถือว่าเนื้อหา มีความเหมาะสมต่อการนำไปทดลองใช้

3.2.4.3.3 นำค่าเฉลี่ยรวมของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาวิเคราะห์หาคุณภาพโดยเทียบกับเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตาราง และสรุปข้อมูลบรรยายใต้ตารางรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3 ระยะที่ 3 ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

การศึกษาค้นคว้าผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัยระยะที่ 3 คือ

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

2. เพื่อประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3. เพื่อประเมินผลงานนวัตกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ปีการศึกษา 2562 จำนวน 120 คน

3.3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสารสนเทศและการสื่อสาร ชั้นปีที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ปีการศึกษา 2562 จำนวน 30 คน โดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling)

3.3.1.3 แบบแผนการทดลอง

การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) รูปแบบ One Group Pretest-Posttest Design (Campbell and Stanley, 1963) โดยเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ตารางที่ 3-1 แผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design (Campbell and Stanley, 1963)

Pretest	Treatment	Posttest
O ₁	X	O ₂

โดยที่ O₁ คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการทดลอง (Pretest)
 X คือ รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการ-
 เสมือนผสมความจริงเสริม
 O₂ คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลอง (Posttest)

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.2.1 ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ประกอบด้วย แผนการกิจกรรมการเรียนการสอน ระบบการเรียนการสอนแบบโครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ที่พัฒนาขึ้น

3.3.2.2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นในการวิจัยระยะที่ 2

3.3.2.3 แบบประเมินทักษะวิศวกรรม ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นในการวิจัยระยะที่ 2

3.3.2.4 แบบประเมินนวัตกรรม ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นในการวิจัยระยะที่ 2

3.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

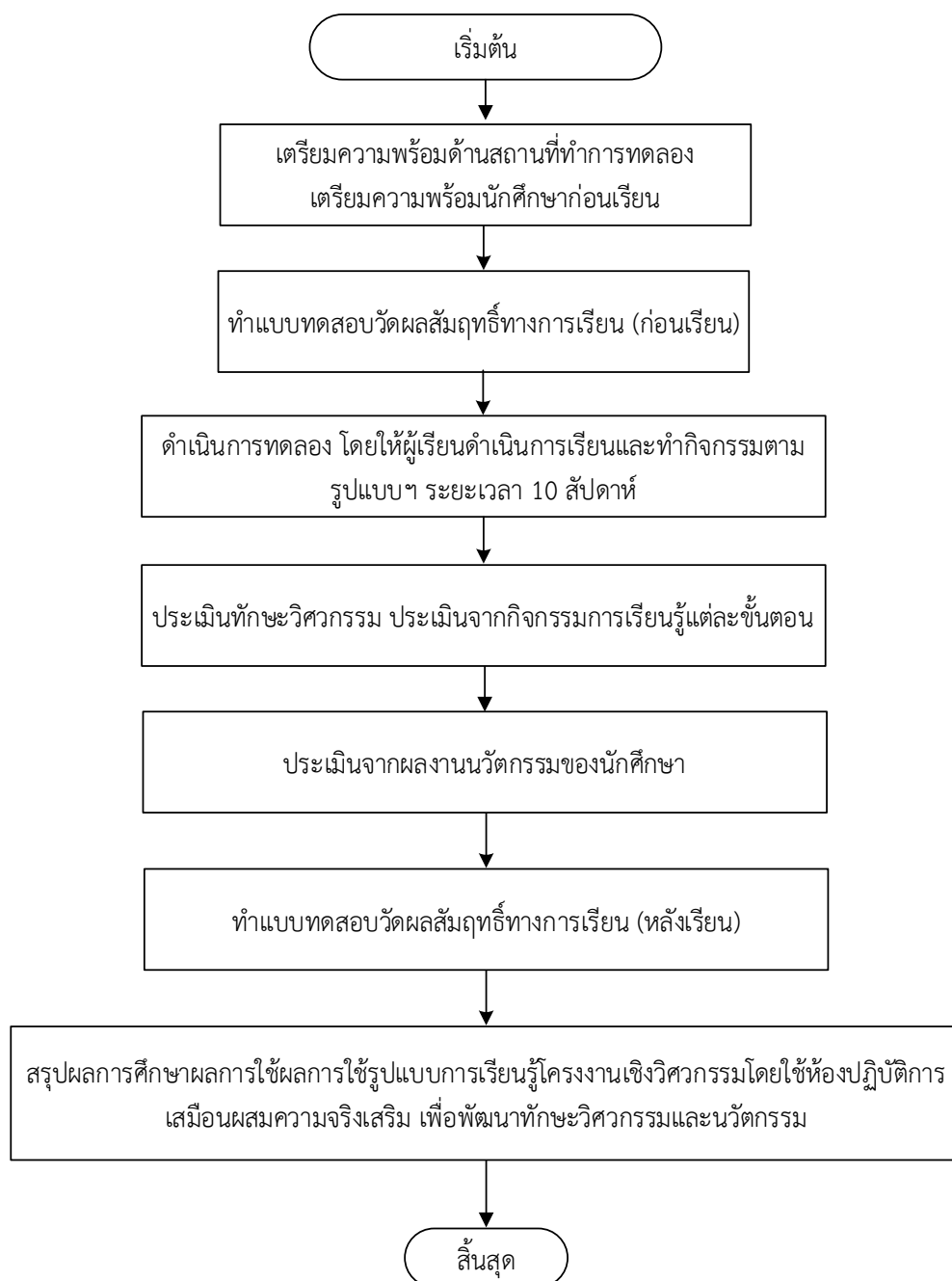
การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ตามขั้นตอนดังนี้

3.3.3.1 เตรียมความพร้อมด้านสถานที่ทำการทดลอง ขออนุญาตและประสานงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เพื่อทดลองใช้เครื่องมือ เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย และกำหนดห้องที่ทำการทดลองพร้อมแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบล่วงหน้า

3.3.3.2 เตรียมความพร้อมนักศึกษา ก่อนเรียน แนะนำขั้นตอนการเรียนพร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์การเรียนรู้และอธิบายนักศึกษาในการเข้าใช้ระบบห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม และเตรียมความพร้อมของนักศึกษาให้สามารถเข้าใช้ระบบเพื่อทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างถูกต้อง

3.3.3.3 นักศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน) จำนวน 50 ข้อ ผ่านระบบออนไลน์

3.3.3.4 ดำเนินการทดลอง โดยนักศึกษาดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบการเรียนรู้
โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและ
นวัตกรรม โดยใช้เวลาดทดลอง 10 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ รวมจำนวน 30 คาบ กำหนดกิจกรรมให้
นักศึกษาปฏิบัติการจำลองวงจร และการทำโครงการเชิงวิศวกรรม



ภาพที่ 3-4 ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ตารางที่ 3-2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ครั้งที่	เรื่อง	สถานที่	วัน/เวลา
1	-แนะนำรายวิชา แนะนำผู้สอน แนะนำการเรียนการสอน แนะนำระบบการเรียนการสอนผ่านห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม -แบบทดสอบก่อนเรียน	28301	14/02/63, 13.00-16.00
2	ศึกษาและทบทวนความรู้พื้นฐาน อุปกรณ์ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการประยุกต์ใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในฐานที่ 1 การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม (Conceive)	28301	21/02/63, 13.00-16.00
3	ศึกษาการเขียนเค้าโครงเพื่อการทำโครงการ ในฐานที่ 2 การกำหนดโครงการ (Project)	28301	28/02/63, 13.00-16.00
4	-ศึกษาข้อมูลการใช้งานโปรแกรม Edison5 -การทดลองที่ 1 คุณลักษณะไดโอด และวงจรเรียงสัญญาณ	28301	6/03/63, 13.00-16.00
5	-ศึกษาข้อมูลการใช้งานโปรแกรม Edison5 -การทดลองที่ 2 คุณลักษณะทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ และวงจรขยาย	28301	13/03/63, 13.00-16.00
6	-ศึกษาข้อมูลการออกแบบและสร้างวงจร -การทดลองที่ 3 คุณลักษณะทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า และวงจรขยาย	28301	20/03/63, 13.00-16.00
7	-ศึกษาข้อมูลการออกแบบและสร้างวงจร -การทดลองที่ 4 วงจรขยายออปแอมป์	online	03/04/63, 13.00-16.00
8	-ศึกษาข้อมูลการออกแบบและสร้างวงจร -ดำเนินการออกแบบชิ้นงาน และทดสอบชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ	online	10/04/63, 13.00-16.00

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ครั้งที่	เรื่อง	สถานที่	วัน/เวลา
9	- ศึกษาข้อมูลการนำเสนอผลงาน - นำเสนอแนวคิด และขั้นตอนการแก้ปัญหาของการ สร้างชิ้นงาน	online	17/04/63, 13.00-16.00
10	- นำเสนอผลการนำชิ้นงานไปใช้งานจริง - ทำแบบทดสอบหลังเรียน	online	24/04/63, 13.00-16.00

3.3.3.5 การประเมินทักษะวิศวกรรม ประเมินจากกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน ทำการบันทึกคะแนนลงบนแบบประเมินทักษะวิศวกรรมตามเกณฑ์รูบรีค (Rubric) โดยอาจารย์ผู้สอน ผู้สอนร่วม และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ รวมทั้งสิ้นจำนวน 3 คน

3.3.3.6 การประเมินนวัตกรรม ประเมินจากผลงานนวัตกรรมของนักศึกษา โดยใช้แบบประเมินนวัตกรรมตามเกณฑ์รูบรีค (Rubric) โดยอาจารย์ผู้สอน ผู้สอนร่วม และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ รวมทั้งสิ้นจำนวน 3 คน

3.3.3.7 เมื่อนักศึกษาปฏิบัติการทำโครงงานเชิงวิศวกรรมใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เสร็จเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) จำนวน 50 ข้อ ผ่านระบบออนไลน์

3.3.3.8 สิ้นสุดการดำเนินกิจกรรม ผู้สอนนำผลที่ได้จากทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การประเมินตามสภาพจริงและรวบรวมผลที่ได้จากการทดลอง และทำการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.3.9 สรุปผลการศึกษาผลการใช้ผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรม โดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยใช้ t-test แบบ Dependent (บุญชม, 2545 : 112)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

โดยที่ $df = N-1$, $\alpha = .01$

เมื่อ D คือ ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ คือ ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียน

$\sum D^2$ คือ ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนยกกำลังสอง

N คือ จำนวนผู้ทำแบบทดสอบ

นำค่า t ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับค่า t ในตาราง ถ้าค่ามากกว่าแสดงว่าคะแนนการทดสอบหลังเรียน แตกต่างจากคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามระดับที่กำหนด

3.3.4.1 สถิติที่ใช้ในการประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$) โดยกำหนดเกณฑ์ในการประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ แบบ (Rating Scale) และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

คะแนน 1 - 16	หมายถึง	ไม่มีทักษะวิศวกรรม
คะแนน 17 - 32	หมายถึง	มีทักษะวิศวกรรมอยู่ในระดับน้อย
คะแนน 33 - 48	หมายถึง	มีทักษะวิศวกรรมอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนน 49 - 64	หมายถึง	มีทักษะวิศวกรรมอยู่ในระดับมาก

นำผลการประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษามาทดสอบสมมติฐาน โดยใช้ t -test One Sample Group โดยสูตรการคำนวณมีดังนี้

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S.D}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ t คือ ค่า t -test

μ คือ เกณฑ์มาตรฐานการประเมินทักษะ ที่กำหนดร้อยละ 80

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของผลการประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษา

$S.D.$ คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n คือ จำนวนนักศึกษา

3.3.4.2 สถิติที่ใช้ในการประเมินผลงานนวัตกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะ

วิศวกรรมและนวัตกรรม โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$) โดยกำหนดเกณฑ์ในการประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ แบบ (Rating Scale) และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

คะแนน 1 - 6	หมายถึง	ไม่มีความเป็นนวัตกรรม
คะแนน 7 - 12	หมายถึง	ความเป็นนวัตกรรมอยู่ในระดับน้อย
คะแนน 13 - 18	หมายถึง	ความเป็นนวัตกรรมอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนน 19 - 24	หมายถึง	ความเป็นนวัตกรรมอยู่ในระดับมาก

3.4 ระยะที่ 4 ประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

การวิจัยระยะนี้เป็นการนำเสนอรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ซึ่งในการวิจัยระยะนี้เป็นการนำผลที่ได้จากการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองและทำการปรับปรุงแก้ไขรูปแบบ เพื่อนำเสนอกับผู้ทรงคุณวุฒิประเมินรับรองรูปแบบ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยระยะที่ 4 คือ เพื่อประเมินรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.4.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ระยะที่ 4

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ระยะที่ 4 คือ ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 9 ท่าน ประกอบด้วย ผู้ทรงคุณวุฒิทางการศึกษา ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร และทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในด้านที่เกี่ยวข้อง และมีประสบการณ์วิจัยหรือผลงานทางวิชาการอย่างน้อย 5 ปี

3.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ระยะที่ 4 คือ แบบประเมินรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนาดังนี้

3.4.2.1 นำหลักการ องค์ประกอบและขั้นตอนการเรียนการสอน มาสร้างเป็นแบบประเมินรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

3.4.2.2 นำแบบประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ความครบถ้วนสมบูรณ์ จากนั้นนำข้อเสนอแนะที่ได้มา

ปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามให้มีความถูกต้องเหมาะสมตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

3.4.3 วิธีการรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ระยะที่ 4 ดำเนินการโดยผู้วิจัยนำแบบประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ที่นำเสนอเป็นแผนภาพและความเรียง นำเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 9 ท่าน เพื่อประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ที่พัฒนาขึ้น

3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ระยะที่ 4 ในการรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น การวิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น จากผู้ทรงคุณวุฒิจะใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของระดับความเหมาะสมเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้ (ประคอง, 2542)

ระดับ 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ระดับ 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ระดับ 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ระดับ 1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ซึ่งค่าเฉลี่ยความเหมาะสมต้องมีค่าตั้งแต่ 4.00 ขึ้นไปจึงจะถือว่าระบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้จริงได้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย เรื่อง รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model) ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัย ในบทนี้ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

4.2 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

4.3 ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

4.4 ผลประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

รายละเอียดผลการวิจัยแต่ละตอนมีดังต่อไปนี้

4.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีผลการศึกษาทั้งหมด 2 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม และ 2) ผลการประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

4.1.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้

ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ตามกรอบแนวคิดของงานวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1.1 ผลการสังเคราะห์กระบวนการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม และสังเคราะห์กระบวนการ แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการสังเคราะห์กระบวนการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาขึ้น

กระบวนการเรียนรู้แบบโครงงาน เชิงวิศวกรรม	การเรียนรู้โดยใช้ โครงงานเป็นฐาน				กระบวนการเชิง วิศวกรรม				ผู้วิจัย
	วิจารณ์ (2555)	วิจัยและพัฒนา (2556)	วัชรินทร์ และคณะ (2557)	ปริญญ์นันท์ (2558)	NRC. (2012)	ชัยวัฒน์ (2560)	พิชิต และคณะ (2558)	Kuptasthien, N (2014)	
ขั้นที่ 1 การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหา ในทางวิศวกรรม	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
ขั้นที่ 2 การกำหนดโครงงาน		✓	✓	✓			✓		✓
ขั้นที่ 3 การออกแบบและการแก้ไข ปัญหาทางวิศวกรรม	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓
ขั้นที่ 4 การดำเนินการแก้ไขปัญหาทาง วิศวกรรม	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓
ขั้นที่ 5 การพัฒนาและควบคุมระบบ ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓

จากตารางที่ 4-1 สังเคราะห์การเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม พบว่ามีกระบวนการ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม ขั้นที่ 2 การกำหนดโครงงาน ขั้นที่ 3 การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม ขั้นที่ 4 การดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม และขั้นที่ 5 การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม โดยรายละเอียดของกระบวนการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยได้นำเสนอไว้ในบทที่ 5

4.1.1.2 ผลการสังเคราะห์ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม แสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการสังเคราะห์ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม

ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง (Virtual Lab)	เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR)	ห้องปฏิบัติการเสมือนผสม ความจริงเสริม (ผู้วิจัย)
Tuttas J.และ Wagner B. (2001) กล่าวว่า เป็นการใช้ ซอฟต์แวร์จำลองเลียนแบบ อุปกรณ์การทดลองจริง เช่น เครื่องมือวัดต่าง ๆ หรือจำลอง สถานการณ์การทดลอง สร้าง การเคลื่อนไหวด้วย คอมพิวเตอร์	Ronald Azuma (1997) กล่าวว่า เป็นการรวมเอาความ จริงและความเสมือนเข้า ด้วยกัน (Real+Virtual) มีการ ปฏิสัมพันธ์ในเวลาจริง (Real Time) และเป็นการทำงานด้วย ระบบ 3D	ห้องปฏิบัติการเสมือนผสม ความจริงเสริม เป็นการ จำลองสภาพแวดล้อมเสมือน ห้องปฏิบัติการวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ สิ่ง ที่ปรากฏขึ้นมาในโลกเสมือนจะ ถูกแยกออกจากโลกกายภาพ อย่างชัดเจน สามารถแสดง ผลได้ทั้งในคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน และแว่นตาดีจิทัล ร่วมกับการใช้ซอฟต์แวร์จำลอง เลียนแบบอุปกรณ์การทดลอง จริง ผู้ใช้สามารถใช้เทคโนโลยี ความเป็นจริงเสริม เพื่ออธิบาย วิธีการใช้งานเครื่องมือใน ห้องปฏิบัติการ
ถนอมพร เลหาจรัสแสง (2545: 57) กล่าวว่า เป็นสื่อ อิเล็กทรอนิกส์ประเภทหนึ่งซึ่ง เป็นการนำเสนอการจำลองบน หน้าจอ ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ใน การทดสอบสมมติฐานที่ได้ตั้ง ไว้ รวมทั้งสังเกตผลที่ได้จาก การทดสอบ	ไพฑูรย์ (2556) กล่าวว่า เป็น เทคโนโลยีที่ผสานเอา โลกแห่ง ความเป็นจริง (Reality) และ ความเสมือนจริง (Virtual) เข้า ด้วยกันผ่านวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ	

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง (Virtual Lab)	เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR)	ห้องปฏิบัติการเสมือนผสม ความจริงเสริม (ผู้วิจัย)
เจียนชิงหยู (Jian Qing Yu., 2550) กล่าวว่าปฏิบัติการเสมือนเป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างสถานการณ์เลียนแบบสถานการณ์จริง	อภิชาติ อนุกุลเวช และคณะ (2556: 2-3) กล่าวว่า เป็นการนำเอาภาพกราฟิกของคอมพิวเตอร์ของคอมพิวเตอร์ทั้งในรูปแบบที่เป็น 3D 2D หรือ Video มาซ้อนทับเข้ากับฉากหลังซึ่งเป็นภาพในเวลาจริง	เช่น การใช้งานมัลติมีเตอร์ ออสซิลโลสโคป ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ได้ผ่านอุปกรณ์ดิจิทัล ได้แก่ แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์แสดงผลภาพอื่น ๆ เพื่อให้เห็นภาพเสมือนอยู่ในสภาพแวดล้อมจริง

จากตารางที่ 4-2 การสังเคราะห์ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม พบว่า สามารถนำเทคโนโลยีเสมือนจริง มาจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนห้องปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริมได้ เพื่ออธิบายวิธีการใช้งานเครื่องมือในห้องปฏิบัติการได้

4.1.1.3 ผลการสังเคราะห์ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

การศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะวิศวกรรม สำหรับรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม พบว่า การพัฒนาทักษะวิศวกรรมจะสามารถพัฒนาทักษะเหล่านี้ได้จากการทำโครงการ (Project Based Learning) ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการลงมือปฏิบัติ (Learning by Doing) ซึ่งทักษะวิศวกรรม ประกอบด้วย (1) ทักษะการคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม (2) การกำหนดโครงการ (3) ทักษะการออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม (4) ทักษะการดำเนินการ ประยุกต์หรือแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างเหมาะสม และ (5) ทักษะการพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

การศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม หรือ Innovation คือ ความคิดใหม่ เทคนิควิธีการใหม่ หรือสิ่งใหม่ที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ทั้งในด้านเศรษฐกิจและการสร้างคุณค่าต่อสังคม ซึ่งนวัตกรรมนั้น ๆ จะเป็นสิ่งใหม่ของกลุ่มที่มีการยอมรับองค์ประกอบของนวัตกรรม คือ สิ่งใหม่ที่เกิดจากการใช้ความรู้ และความคิดสร้างสรรค์ ที่มีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม

ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม หมายถึง ทักษะด้านการคิด การออกแบบ การสร้างดำเนินการ และการควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมให้ประสบผลสำเร็จตามการวางแผนและพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ และพร้อมแก้ไขปรับปรุงในส่วนที่บกพร่องของนวัตกรรม แสดงดังตารางที่ 4-3 และตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-3 ผลการสังเคราะห์ทักษะวิศวกรรม

ทักษะวิศวกรรม	พิชิต และคณะ (2558)	NRC. (2012)	ชัยวัฒน์ (2560)	Kuptasthien, N (2014)	สันติ (2557)	ผู้วิจัย
1. ทักษะการคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม						
1.1 หัวข้อ/ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.2 ความแปลกใหม่ของหัวข้อ/ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา		✓	✓			✓
1.3 การค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา		✓	✓			✓
2. การกำหนดโครงการ						
2.1 ชื่อเรื่อง ความสอดคล้องของความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	✓	✓	✓		✓	✓
2.2 หลักการ เหตุผล และผลงานที่มีมาก่อน	✓					✓
2.3 วัตถุประสงค์	✓				✓	
3. ทักษะการออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม						
3.1 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	✓	✓				✓
3.2 ความสามารถในการออกแบบ	✓	✓		✓	✓	✓
3.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา	✓	✓	✓	✓		✓

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ทักษะวิศวกรรม	พิชิต และคณะ (2558)	NRC. (2012)	ชัยวัฒน์ (2560)	Kuptasthien, N (2014)	สันติ (2557)	ผู้วิจัย
4. ทักษะการดำเนินการ ประยุกต์หรือแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างคล่อง						
4.1 การสื่อสาร การคิด	✓	✓				✓
4.2 การทำงานเป็นทีม	✓	✓			✓	✓
4.3 การปรับปรุงและ แก้ไขผลงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5. ทักษะการพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม						
5.1 การใช้กระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรม	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5.2 การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน นำไปใช้ได้จริง		✓		✓		✓
5.3 รูปแบบและวิธีการนำเสนอ	✓		✓	✓	✓	✓
5.4 การตอบข้อซักถาม	✓			✓	✓	✓

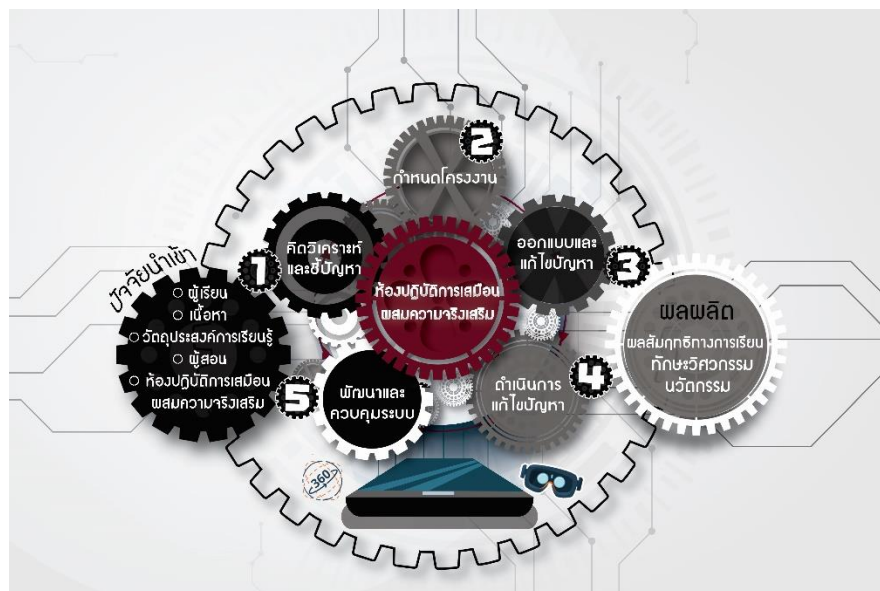
ตารางที่ 4-4 ผลการสังเคราะห์นวัตกรรม

นวัตกรรม	อัจฉรา (2553)	วิชัย และคณะ (2562)	พัทธ์รพี (2550)	Peng, F. (2017)	ณัฐญา (2559)	ผู้วิจัย
1. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. ความแปลกใหม่ ของนวัตกรรม	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. การใช้เทคนิควิธีการคิดที่หลากหลาย		✓			✓	✓
4. ความสวยงาม ความประณีต และความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน	✓		✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

นวัตกรรม	อัจฉรา (2553)	วิชัย และคณะ (2562)	พัทธ์รณ (2550)	Peng, F. (2017)	ณัฐญา (2559)	ผู้วิจัย
5. การสร้างผลงานนวัตกรรม	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6. คุณภาพ และการนำไปใช้ประโยชน์	✓					

จากการสังเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ เกี่ยวกับ กระบวนการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม องค์ประกอบของทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผู้วิจัยได้นำมาพัฒนาเป็นรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม แสดงดังภาพที่ 4-1 ส่วนรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้จะแสดงในบทที่ 5



ภาพที่ 4-1 รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model)

4.1.2 ผลการประเมินความเหมาะสมรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

จากการประเมินความเหมาะสมรูปแบบ จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 9 ท่าน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มทางการศึกษา ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร และทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มละ 3 ท่าน ผลการประเมินความเหมาะสมรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมในภาพรวม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านรายละเอียดของรูปแบบ	4.51	0.51	มากที่สุด
2. ด้านองค์ประกอบของรูปแบบ	4.36	0.61	มาก
3. ด้านความเหมาะสมของการนำรูปแบบไปใช้งาน	4.33	0.55	มาก
รวม	4.39	0.58	มาก

จากตารางที่ 4-5 การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมโดยภาพรวมมีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.39$, S.D.= 0.58) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าความเหมาะสมในด้านรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองมาได้แก่ ด้านองค์ประกอบของระบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และด้านความเหมาะสมของการนำรูปแบบไปใช้งาน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4-6 การประเมินความเหมาะสมด้านรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน		ผลการประเมิน		
		$\bar{X}$	S.D.	ความเหมาะสม
1. หลักการและแนวคิด ที่ใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบรูปแบบ การเรียนรู้ฯ มีความเหมาะสมในระดับใด		4.78	0.44	มากที่สุด
2. องค์ประกอบของรูปแบบ มีความเหมาะสมในระดับใด				
**พิจารณาในด้านความครอบคลุมตามองค์ประกอบหลักของรูปแบบการเรียนการสอนทั่วไป				
	2.1 การกำหนดปัจจัยนำเข้า	4.56	0.53	มากที่สุด
	2.2 กระบวนการเรียนรู้	4.11	0.33	มาก
	2.3 การประเมินผล	4.44	0.53	มาก
	2.4 ข้อมูลป้อนกลับ	4.67	0.50	มากที่สุด
ความเหมาะสมด้านรายละเอียดของรูปแบบในภาพรวม		4.51	0.51	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-6 พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมด้านรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมโดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.51) เมื่อพิจารณาเป็นรายชั้น พบว่า หลักการและแนวคิด ที่ใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบรูปแบบ การเรียนรู้ฯ มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด องค์ประกอบของรูปแบบ ประกอบด้วย การกำหนดปัจจัยนำเข้า มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด กระบวนการเรียนรู้ มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก การประเมินผล มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก และข้อมูลป้อนกลับ มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด

ตารางที่ 4-7 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน		ผลการประเมิน		
		$\bar{X}$	S.D.	ความเหมาะสม
1. การกำหนดปัจจัยนำเข้า				
1.1	กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.56	0.73	มากที่สุด
1.2	วิเคราะห์ผู้เรียน	4.33	0.50	มาก
1.3	วิเคราะห์ผู้สอน	4.22	0.67	มาก
1.4	เนื้อหา	4.33	0.71	มาก
1.5	ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม	4.22	0.67	มาก
2. กระบวนการเรียนรู้				
2.1	การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม	4.44	0.73	มาก
2.2	การกำหนดโครงงาน	4.33	0.50	มาก
2.3	การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม	4.56	0.53	มากที่สุด
2.4	การดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม	4.33	0.50	มาก
2.5	การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม	4.56	0.53	มากที่สุด
3. การประเมินผล				
3.1	ทักษะวิศวกรรม	4.11	0.60	มาก
3.2	นวัตกรรม	4.11	0.60	มาก
4. ข้อมูลป้อนกลับ				
4.1	ผลการประเมินทักษะวิศวกรรม	4.56	0.53	มากที่สุด
4.2	ผลการประเมินนวัตกรรม	4.33	0.87	มาก
ความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของรูปแบบในภาพรวม		4.36	0.61	มาก

จากตารางที่ 4-7 พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมด้านองค์ประกอบโดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.36$, S.D. = 0.61) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า การกำหนดปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด วิเคราะห์ผู้เรียนมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก วิเคราะห์ผู้สอน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก เนื้อหา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม มีความเหมาะสม

อยู่ในระดับมาก กระบวนการเรียนรู้ ประกอบด้วย การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก การกำหนดโครงการ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด การดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด การประเมินผล ประกอบด้วย ทักษะวิศวกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และนวัตกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ข้อมูลป้อนกลับ ประกอบด้วย ผลการประเมินทักษะวิศวกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และผลการประเมินนวัตกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4-8 ผลการประเมินความเหมาะสมของการนำรูปแบบไปใช้งานของรูปแบบการเรียนรู้
โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนา
ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน		ผลการประเมิน		
		$\bar{X}$	S.D.	ความเหมาะสม
1.	รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมในระดับใด	4.56	0.53	มากที่สุด
2.	ขั้นตอนและกิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมในระดับใด	4.33	0.71	มาก
3.	รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมที่พัฒนาขึ้นมีความเป็นไปได้ในการนำไปทดลองใช้ในระดับใด	4.11	0.33	มาก
ความเหมาะสมของรูปแบบในการนำไปทดลองใช้		4.33	0.55	มาก

จากตารางที่ 4-8 พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของการนำรูปแบบไปใช้งานภาพรวม ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.50) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการพัฒนาทักษะ

วิศวกรรมและนวัตกรรมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ขั้นตอนและกิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมอยู่ในระดับมาก และรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในการนำไปทดลองใช้อยู่ในระดับมาก

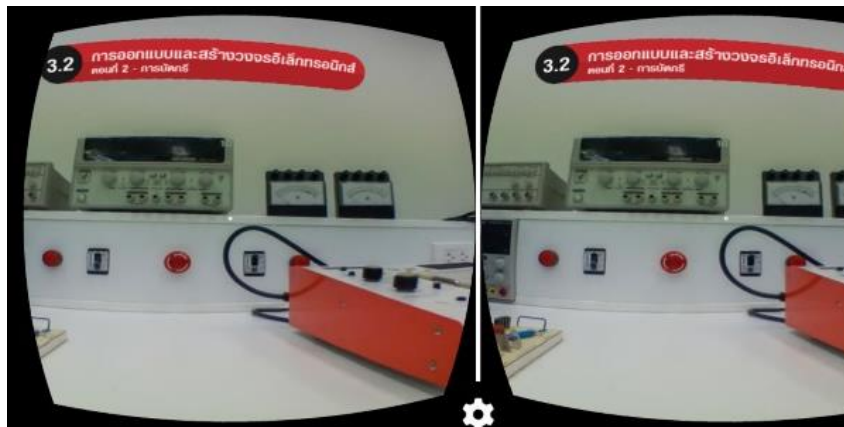
4.2 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

การพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีผลการศึกษาทั้งหมด 2 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม 2) ผลการประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

4.2.1 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

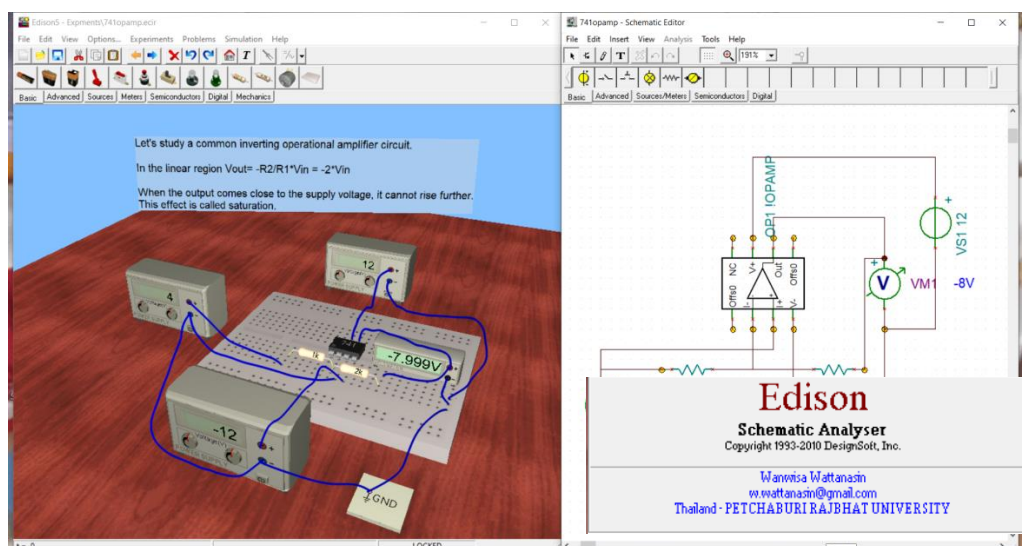
ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม แบ่งออกเป็น 7 ส่วน ประกอบด้วย วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหารายวิชา แผนการจัดการเรียนรู้ ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินทักษะวิศวกรรม และแบบประเมินนวัตกรรม

ผลลัพธ์ที่ได้เป็นแอปพลิเคชันที่ติดตั้งบนสมาร์ตโฟน และนำสมาร์ตโฟนไปใช้กับแว่นตาดีจิทัล ผู้เรียนจะต้องติดตั้งแอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในสมาร์ตโฟนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เมื่อสวมใส่แว่นตาดีจิทัล ผู้เรียนสามารถเห็นภาพจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนห้องปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และสามารถรับชมสื่อดิจิทัล การอธิบายกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

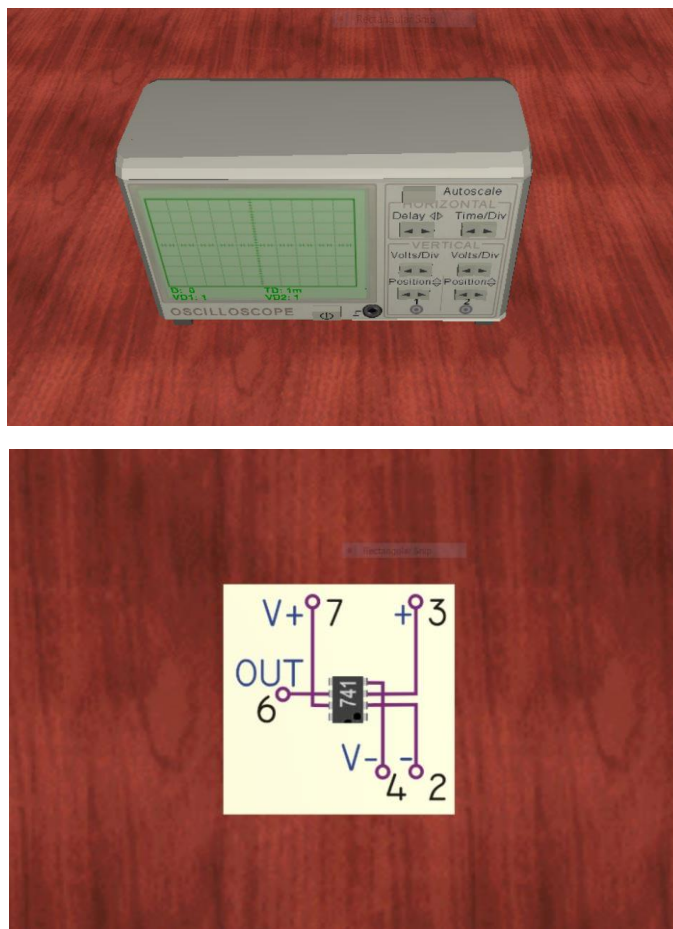


ภาพที่ 4-2 ตัวอย่างห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม

เมื่อถึงขั้นตอนการจำลองการทำงานของวงจรผ่านโปรแกรมจำลองการทำงานตามกระบวนการเรียนรู้ และผู้เรียนสามารถใช้แอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นแสดงเทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อแสดงวิธีการใช้งานเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ เช่น การใช้งานมัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ได้ ผ่านอุปกรณ์ดิจิทัล ได้แก่ แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์แสดงผลภาพอื่น ๆ ร่วมกับโปรแกรมเพื่อจำลองการทำงานของวงจร



ภาพที่ 4-3 ตัวอย่างโปรแกรมจำลองการทำงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์



ภาพที่ 4-4 ภาพอิมเมจทาร์เก็ต

สำหรับการส่งงาน และทำแบบทดสอบ เพื่อช่วยให้ผู้สอนสร้าง และเก็บงานโดยไม่ต้องใช้กระดาษ ผู้เรียนสามารถเข้าไปในระบบห้องเรียนออนไลน์ ประกอบด้วยส่วนของผู้สอน (Instructor) เป็นส่วนของระบบผู้สอนเพื่อใช้ในการจัดการรายวิชาเกี่ยวกับเนื้อหา และกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผู้สอนสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลส่วนตัวของตนเอง และของผู้เรียนผ่านห้องเรียนออนไลน์ได้ ผู้สอนสามารถจัดการเนื้อหาวิชา ได้แก่ การเพิ่ม ลบ แก้ไขเนื้อหาวิชา ในรูปแบบที่หลากหลายเพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียนและผู้เรียนสามารถเข้าศึกษาเนื้อหาตามที่คุณสอนสร้างขึ้น ผู้สอนสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข กิจกรรมการเรียนรู้ผ่านระบบได้ตามต้องการ เช่น แบบทดสอบก่อนเรียน การส่งรายงานหัวข้อโครงงาน รายงานผลการจำลองการทำงานการทดลอง แบบรายงานความก้าวหน้าโครงงาน และแบบทดสอบหลังเรียน หรือกิจกรรมอื่น ๆ ได้ตามต้องการ เป็นต้น และส่วนของผู้เรียน (Learner) เป็นส่วนของระบบผู้เรียนเพื่อเข้าทำกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เรียนสามารถเข้าสู่ระบบ

ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม เพื่อทำกิจกรรมผ่านห้องเรียนออนไลน์ และโปรแกรมจำลองการทำงานของวงจร เพื่อให้เห็นภาพเสมือนอยู่ในสภาพแวดล้อมจริง ผู้เรียนสามารถจัดการเปลี่ยนแปลงข้อมูลส่วนตัวของตนเอง ทำแบบทดสอบ ส่งผลการจำลองวงจร และผลการทำโครงงาน และผลการนำเสนองาน ผ่านห้องเรียนออนไลน์ได้

แบบทดสอบครั้งที่ 1

โพสโดยคำคมที่ถูกต้องที่สุด

ระบบจะบันทึกที่อยู่ของคุณ (wanwisa.wat@mail.pbru.ac.th) เมื่อคุณส่งแบบฟอร์มนี้ หากไม่ใช่อคุณ โปรดเปลี่ยนบัญชี

ชื่อ นามสกุล รหัสประจำตัว

คำตอบของคุณ

อิเล็กทรอนิกส์ในสารกึ่งตัวนำจะเคลื่อนที่ไปด้วยสาเหตุใด 1 คะแนน

☐ ได้รับความร้อน

☐ ได้รับแสงสว่าง

☐ ได้รับสนามแม่เหล็ก

☐ ได้รับความร้อนและแสงสว่าง

การไบแอสตรง ไฟกัมไดโอด หมายถึงข้อใด 1 คะแนน

☐ โฟลว์แรงดัน + กับขั้ว A และแรงดัน - กับขั้ว K

☐ โฟลว์แรงดัน - กับขั้ว A และแรงดัน + กับขั้ว K

ภาพที่ 4-5 ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

8. สถานการณ์

คุณมีความรู้และทักษะใดบ้างในการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

9. วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือวันที่มีการปรับปรุงครั้งล่าสุด

วันที่ 6 มกราคม 2563

หน่วยที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

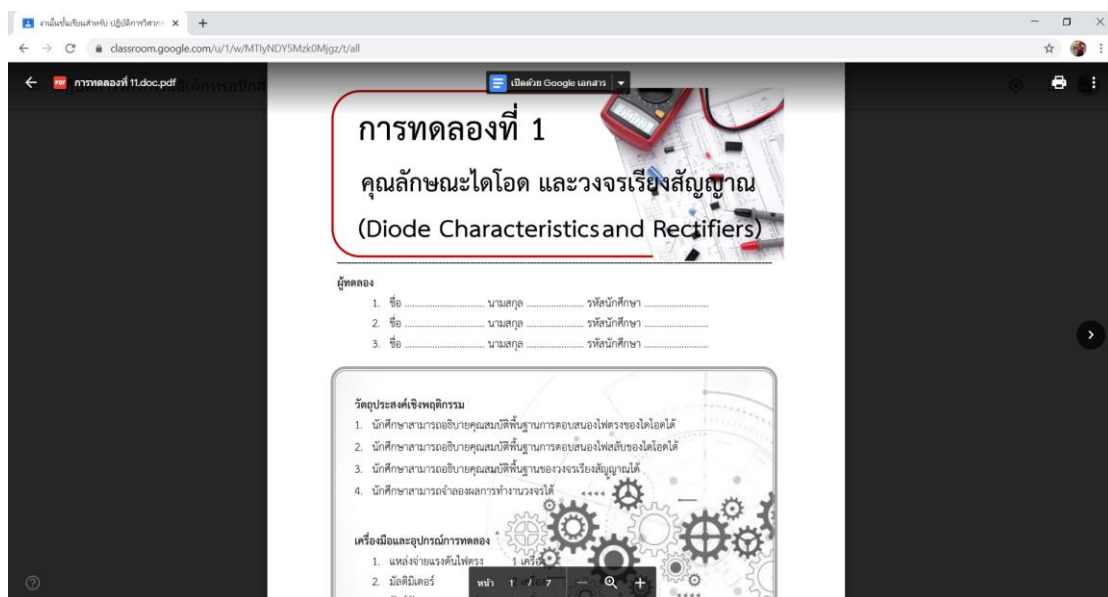
1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา / วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และเซ็นเซอร์ได้
2. นักศึกษาสามารถอธิบายการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และเซ็นเซอร์ได้
3. นักศึกษาสามารถอธิบายคุณสมบัติพื้นฐานการตอบสนองของโฟตโวลตาอิกไดโอดได้
4. นักศึกษาสามารถอธิบายคุณสมบัติพื้นฐานการตอบสนองของโฟลต์แบงไดโอดได้
5. นักศึกษาสามารถอธิบายคุณสมบัติพื้นฐานของวงจรเรียงสัญญาณได้
6. นักศึกษาสามารถอธิบายคุณสมบัติพื้นฐานของทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ได้
7. นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรอินพุต-เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
8. นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ได้
9. นักศึกษาสามารถอธิบายคุณสมบัติพื้นฐานของออสซิลเลเตอร์ได้

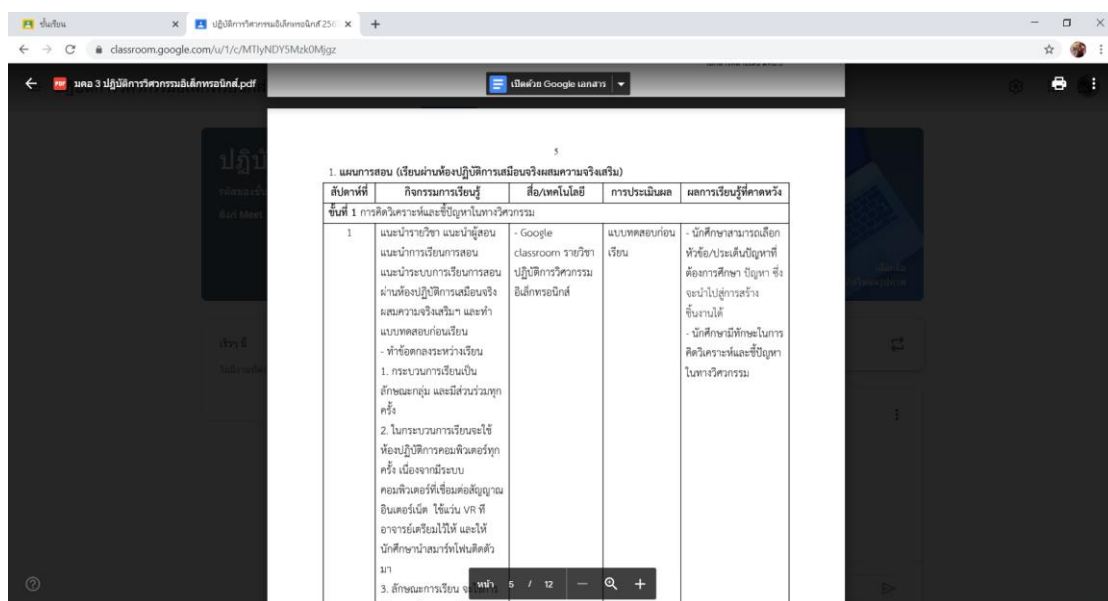
2

10. นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรอินพุต-เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
11. นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายสัญญาณเสียงได้
12. นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายสัญญาณเสียงแบบไม่กลับเฟสได้
13. นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายสัญญาณเสียงแบบกลับเฟสได้
14. นักศึกษาสามารถจำลองผลการทำงานวงจรได้

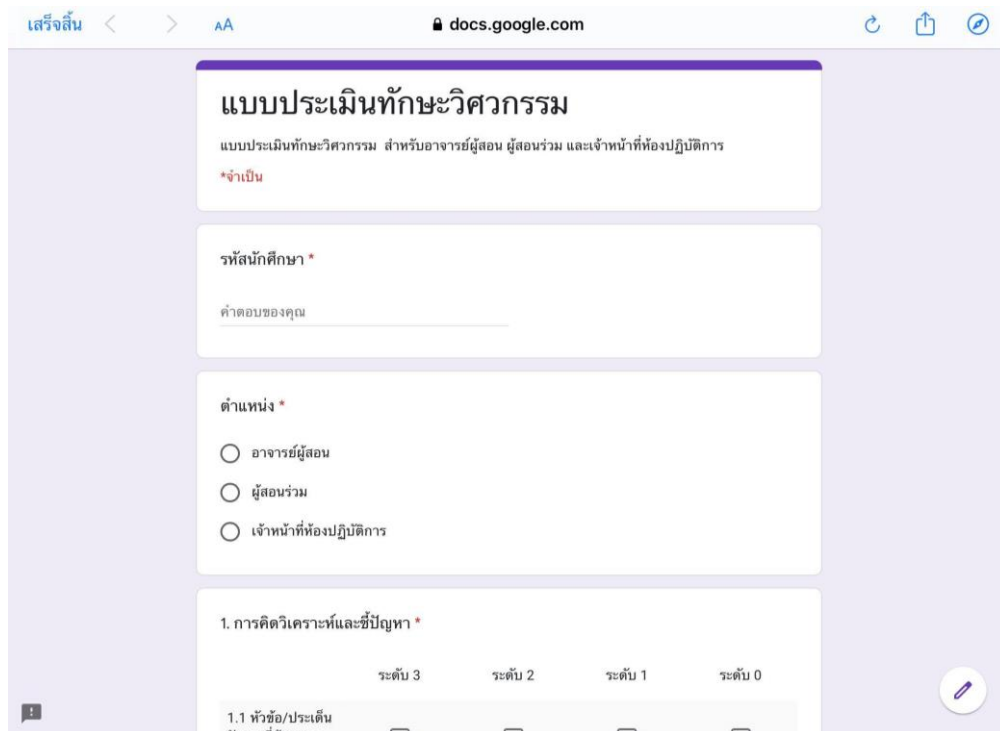
ภาพที่ 4-6 ตัวอย่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม



ภาพที่ 4-7 ตัวอย่างรายงานการทดลอง



ภาพที่ 4-8 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้



แบบประเมินทักษะวิศวกรรม

แบบประเมินทักษะวิศวกรรม สำหรับอาจารย์ผู้สอน ผู้สอนร่วม และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ

*จำเป็น

รหัสนักศึกษา *

คำตอบของคุณ

ตำแหน่ง *

☐ อาจารย์ผู้สอน

☐ ผู้สอนร่วม

☐ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ

1. การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา *

	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 0
1.1 หัวข้อ/ประเด็น				

ภาพที่ 4-9 ตัวอย่างแบบประเมินทักษะวิศวกรรม



แบบประเมินนวัตกรรม

แบบประเมินนวัตกรรม สำหรับอาจารย์ผู้สอน ผู้สอนร่วม และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ

*จำเป็น

รหัสนักศึกษา *

คำตอบของคุณ

ตำแหน่ง *

☐ อาจารย์ผู้สอน

☐ ผู้สอนร่วม

☐ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ

แบบประเมินนวัตกรรม *

	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 0
1. ความคิดริเริ่ม	☐	☐	☐	☐

ภาพที่ 4-10 ตัวอย่างประเมินนวัตกรรม

4.2.2 ผลการประเมินคุณภาพของระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ผลการประเมินคุณภาพของระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ซึ่งผลจากการประเมินในแต่ละด้าน ได้นำมาวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-9 ผลการประเมินคุณภาพของระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	คุณภาพ
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ			
1.1 เนื้อหามีระดับความยากง่ายเหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 เนื้อหาที่นำเสนอตรงและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์	4.60	0.55	มากที่สุด
1.3 เนื้อหามีความถูกต้อง ชัดเจนตามหลักวิชา	4.40	0.55	มาก
1.4 เนื้อหามีความทันสมัยเหมาะสำหรับการนำไปใช้ได้จริง	4.40	0.55	มาก
1.5 การจัดลำดับของเนื้อหา มีความสอดคล้องในแต่ละหน่วยการเรียนรู้	4.40	0.55	มาก
1.6 ปริมาณของเนื้อหาเหมาะสมกับบทเรียน	4.80	0.45	มากที่สุด
1.7 เนื้อหามีความน่าเชื่อถืออ้างอิงแหล่งที่มา	4.60	0.55	มากที่สุด
1.8 ตัวอย่างมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	4.40	0.55	มาก
1.9 ภาพรวมขององค์ประกอบด้านเนื้อหา มีความสมบูรณ์ครอบคลุมความต้องการ	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.53	0.50	มากที่สุด

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	คุณภาพ
2. ด้านภาษาและภาพประกอบ			
2.1 ใช้ภาษาถูกต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 สื่อความหมายได้ชัดเจนเหมาะสมกับผู้เรียน	4.40	0.55	มาก
2.3 ใช้ภาษาถูกต้องทั้งตัวสะกดและไวยากรณ์	4.60	0.55	มากที่สุด
2.4 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย	4.60	0.55	มากที่สุด
2.5 ความสัมพันธ์ของภาพและเนื้อหาที่น่าสนใจมีความสอดคล้องกัน	4.40	0.55	มาก
2.6 ความถูกต้องของรูปภาพตามเนื้อหา	4.60	0.55	มากที่สุด
2.7 จำนวนภาพประกอบเหมาะสมกับเนื้อหา	4.40	0.55	มาก
2.8 ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งภาพ	4.20	0.45	มาก
เฉลี่ยรวม	4.50	0.51	มาก
3. ด้านตัวอักษรและสี			
3.1 รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอภาพรวม	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 ขนาดของอักษรที่ใช้ในการนำเสนอโดยภาพรวม	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3 สีของตัวอักษรโดยภาพรวม	4.20	0.45	มาก
3.4 สีของพื้นหลังบทเรียนโดยภาพรวม	4.60	0.55	มากที่สุด
3.5 ความเหมาะสมระหว่างตัวอักษรและสีพื้นหลัง	4.40	0.55	มาก
เฉลี่ยรวม	4.52	0.51	มากที่สุด
4. ความเหมาะสมด้านเนื้อหาเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม			
4.1 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา	4.40	0.55	มาก
4.2 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการการกำหนดโครงงาน	4.60	0.55	มากที่สุด
4.3 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหา	4.60	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	คุณภาพ
4.4 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการการดำเนินการ ประยุกต์ หรือ แก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วง	5.00	0.00	มากที่สุด
4.5 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกการทำงานร่วมกัน	4.60	0.55	มากที่สุด
4.6 เนื้อหาและกิจกรรมมีความเหมาะสมกับเครื่องมือการจัดการเรียนรู้	4.80	0.45	มากที่สุด
4.7 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้	4.40	0.55	มาก
4.8 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมแนวทางการพัฒนานวัตกรรม	4.20	0.45	มาก
เฉลี่ยรวม	4.58	0.50	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	4.53	0.48	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-9 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือนด้านเนื้อหา โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.48) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านเนื้อหาและการนำเสนอมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) ด้านภาษาและภาพประกอบมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.51) ด้านตัวอักษรและสีมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$, S.D. = 0.51) และด้านความเหมาะสมด้านเนื้อหา กับกิจกรรมการเรียนรู้การสอนมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.50)

ตารางที่ 4-10 ผลการประเมินคุณภาพของระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้

ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม
โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	คุณภาพ
1. รูปแบบสื่อและการนำเสนอ			
1.1 เอกสารมีความน่าสนใจ	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้เป็นตัว marker	4.60	0.55	มากที่สุด
1.3 ความเหมาะสมของรูปแบบและวิธีการนำเสนอ	4.40	0.55	มาก
1.4 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของแต่ละหัวข้อ	4.40	0.55	มาก
1.5 การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสื่อกับผู้เรียน	5.00	0.00	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.60	0.50	มากที่สุด
2. ด้านรูปภาพประกอบสื่อ			
2.1 คุณภาพของรูปภาพที่ใช้มีความคมชัด	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพและคำอธิบาย	4.40	0.55	มาก
2.3 ความเหมาะสมของรูปภาพที่ใช้ในสื่อการเรียนรู้	4.60	0.55	มากที่สุด
2.4 ความเหมาะสมของสีใช้ในสื่อการเรียนรู้	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.60	0.50	มากที่สุด
3. ด้านตัวอักษรประกอบสื่อ			
3.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 ความชัดเจนของตัวอักษร	4.40	0.55	มาก
3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.53	0.52	มากที่สุด

ตารางที่ 4-10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	คุณภาพ
4. ด้านวิดีโอประกอบสื่อ			
4.1 วิดีโอสอดคล้องกับเนื้อหา	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 วิดีโอมีขนาดเหมาะสม	4.40	0.55	มาก
4.3 วิดีโอมีความคมชัดเหมาะสม	4.40	0.55	มาก
4.4 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.55	0.51	มากที่สุด
5. ด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้การสอน			
5.1 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้การสอนส่งเสริมการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนควบคุมลำดับการเรียนรู้อย่างเหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
5.3 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้การสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะวิศวกรรม	4.60	0.55	มากที่สุด
5.4 มีการป้อนกลับ (Feedback) เพื่อเสริมแรงอย่างเหมาะสม	4.40	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.55	0.51	มากที่สุด
6. ด้านการออกแบบระบบการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม			
6.1 ระบบส่งเสริมการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ระบบมีความสอดคล้องกับห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม	4.40	0.55	มาก
6.3 ระบบส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะวิศวกรรม	4.60	0.55	มากที่สุด
6.4 ระบบช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการพัฒนานวัตกรรม	4.60	0.55	มากที่สุด
6.5 ภาพรวมของระบบที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบด้านการเรียนรู้ครอบคลุมความต้องการของผู้เรียน	4.40	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.56	0.51	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	4.57	0.46	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-10 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือน ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.57$, S.D. = 0.46) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านรูปแบบสื่อและการนำเสนอมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.50) ด้านรูปภาพประกอบสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.50) ด้านตัวอักษรประกอบสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.52) ด้านวิดีโอประกอบสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.55$, S.D. = 0.51) ด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้การสอนมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.55$, S.D. = 0.51) และด้านการออกแบบระบบการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.51)

4.3 ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการเรียนรู้การเรียนรู้อื่นๆ ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสารสนเทศและการสื่อสาร ชั้นปีที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ปีการศึกษา 2562 จำนวน 30 คน โดยมีรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละตอน ดังนี้

4.3.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน โดยรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ตารางที่ 4-11 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนโดย รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

คะแนน แบบทดสอบ	จำนวน นักศึกษา	คะแนน เต็ม	ค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	t
ก่อนเรียน	30	50	24.30	6.22	24.55*
หลังเรียน	30	50	42.07	2.49	

*มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($\alpha = .05$, df. = 29)

จากตารางที่ 4-11 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ปรากฏว่าก่อนเรียนมีค่า ($\bar{X} = 24.30$, S.D. = 6.22) และหลังเรียนมีค่า ($\bar{X} = 42.07$, S.D. = 2.49) แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของหลังเรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากรูปแบบการเรียนการสอนให้ผู้เรียนศึกษาความรู้พื้นฐาน และได้จำลองการทำงานของวงจร ในระหว่างที่จะเข้ามาทำกิจกรรมในชั้นเรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถามสิ่งที่สงสัย ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากยิ่งขึ้น และผู้เรียนความสามารถในการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เรียนรู้ได้รวดเร็ว ช่วยให้ผู้เรียนทบทวนสิ่งที่ตนเองได้เรียนให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้น

4.3.2 ผลการประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ผลการประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม จะเป็นการประเมินผลโดยใช้การประเมินตามสภาพจริงเป็นรายบุคคล

ตารางที่ 4-12 ผลการประเมินทักษะวิศวกรรมรายบุคคล

ผลการประเมินทักษะวิศวกรรมรายบุคคล (คะแนนเต็ม 48 คะแนน)					
คนที่	คะแนน	ร้อยละ	คนที่	คะแนน	ร้อยละ
1	40.00	83.33	16	41.00	85.41
2	44.67	93.06	17	40.00	83.33
3	44.33	91.66	18	40.33	84.02
4	41.33	86.10	19	40.00	83.33
5	40.67	84.72	20	39.33	81.94
6	40.00	83.33	21	41.00	85.41
7	41.67	86.81	22	39.33	81.94
8	41.67	86.81	23	37.67	78.48
9	42.00	87.5	24	40.00	83.33
10	40.67	84.72	25	42.67	88.77

ตารางที่ 4-12 (ต่อ)

ผลการประเมินทักษะวิศวกรรมรายบุคคล (คะแนนเต็ม 48 คะแนน)					
คนที่	คะแนน	ร้อยละ	คนที่	คะแนน	ร้อยละ
11	40.33	84.02	26	41.00	85.41
12	46.33	96.52	27	41.00	85.41
13	42.33	88.19	28	37.00	77.08
14	37.67	78.48	29	43.00	89.59
15	42.67	88.90	30	42.67	88.90
ค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}$)				41.08	85.58
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)					2.11
ค่าคะแนนที่					0.48

หมายเหตุ

1. การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ประกอบด้วย 1.1) หัวข้อ/ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา 1.2) ความแปลกใหม่ของหัวข้อ/ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา และ 1.3) การค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา 2. การกำหนดโครงงาน ประกอบด้วย 2.1) ชื่อเรื่อง ความสอดคล้องของความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 2.2) หลักการ เหตุผล และผลงานที่มีมาก่อน และ 2.3) วัตถุประสงค์ 3. การออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหา ประกอบด้วย 3.1) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 3.2) มีความสามารถในการออกแบบ และ 3.3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4. การดำเนินการประยุกต์ หรือ แก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วง ประกอบด้วย 4.1) การสื่อสาร การคิด 4.2) การทำงานเป็นทีม 4.3) การปรับปรุงและ แก้ไขผลงาน และ 5. การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม 5.1 การใช้กระบวนการ ออกแบบทาง วิศวกรรม 5.2) การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน นำไปใช้ได้จริง 5.3) รูปแบบและวิธีการนำเสนอ 5.4) การตอบข้อซักถาม

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน	0 - 12	หมายถึง	ไม่มีทักษะวิศวกรรม
คะแนน	13 - 24	หมายถึง	มีทักษะวิศวกรรมอยู่ในระดับน้อย
คะแนน	25 - 36	หมายถึง	มีทักษะวิศวกรรมอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนน	37 - 48	หมายถึง	มีทักษะวิศวกรรมอยู่ในระดับมาก

จากตารางที่ 4-12 ผลการประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะวิศวกรรมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 41.08$, S.D. = 2.11) แสดงว่า ผลการประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษา เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการจำลองการทำงานของวงจร และได้ระบบการเรียนรู้ที่เป็นการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และได้พัฒนาทักษะด้านการใช้ภาษาในการสื่อสาร และทักษะด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ผ่านกระบวนการเรียนการสอนนี้

4.3.3 ผลการประเมินนวัตกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ผลการประเมินนวัตกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม จะเป็นการประเมินผลโดยใช้การประเมินตามสภาพจริงเป็นรายกลุ่ม แสดงดังตาราง 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลการประเมินนวัตกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ผลการประเมินนวัตกรรมรายกลุ่ม (คะแนนเต็ม 18)					
กลุ่มที่	คะแนน	ร้อยละ	กลุ่มที่	คะแนน	ร้อยละ
1	14.33	79.61	6	14.00	77.78
2	13.33	74.06	7	14.00	77.78
3	14.67	81.50	8	12.33	68.50
4	12.67	70.39	9	15.00	83.33
5	13.00	72.22	10	13.67	75.94
ค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}$)				13.70	76.11

หมายเหตุ

1. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 2. ความแปลกใหม่ ของนวัตกรรม 3. การใช้เทคนิควิธีการคิดที่หลากหลาย 4. ความสวยงาม ความประณีต และความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน 5. การสร้างผลงานนวัตกรรม และ 6. คุณภาพ และการนำไปใช้ประโยชน์

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน	0 – 4.50	หมายถึง	ไม่มีความเป็นนวัตกรรม
คะแนน	4.60 – 9.00	หมายถึง	ความเป็นนวัตกรรมอยู่ในระดับน้อย
คะแนน	9.10 – 13.50	หมายถึง	ความเป็นนวัตกรรมอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนน	13.60 – 18.00	หมายถึง	ความเป็นนวัตกรรมอยู่ในระดับมาก

จากตารางที่ 4-13 ผลการประเมินนวัตกรรมของนักศึกษา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนนวัตกรรมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 13.70$) แสดงว่า ผลการประเมินนวัตกรรมของนักศึกษา เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนเน้นให้ผู้เรียนได้กำหนดหัวข้อโครงการที่ต้องการศึกษด้วยตัวเอง ทำให้ได้ประเด็นที่ต้องการเรียนรู้ หลังจากนั้นผู้เรียนต้องหาวิธีในการออกแบบ ดำเนินการ สร้างและทดสอบชิ้นงาน นำเสนอผลงาน ซึ่งกระบวนการเรียนรู้สามารถเรียนรู้แบบออนไลน์ จึงทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะทักษะทางด้านวิศวกรรม ผ่านกระบวนการเรียนการสอนนี้

4.4 ผลประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

การประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผู้วิจัยนำรูปแบบการสอนไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 9 ท่าน ประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิทางการศึกษา ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร และทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญใน ด้านที่เกี่ยวข้อง และมีประสบการณ์วิจัยหรือผลงานทางวิชาการอย่างน้อย 5 ปี เพื่อประเมินรับรองรูปแบบการสอนฯ ที่พัฒนาขึ้น ผลการประเมินแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-14 ผลการประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้

ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม
ในภาพรวม

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับความเหมาะสม
	$\bar{X}$	S.D.	
1. ด้านรายละเอียดของรูปแบบ	4.64	0.48	มากที่สุด
2. ด้านองค์ประกอบของรูปแบบ	4.48	0.53	มาก
3. ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้	4.59	0.50	มากที่สุด
ความเหมาะสมของรูปแบบในภาพรวม	4.54	0.52	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-14 การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรม โดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมโดยภาพรวมมีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.54$, S.D.= 0.52) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความเหมาะสมในด้านรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64$, S.D.= 0.48) รองมาได้แก่ ด้านความเหมาะสมของการนำรูปแบบไปใช้งาน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, S.D.= 0.50) และด้านองค์ประกอบของระบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.48$, S.D.= 0.53) ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ความคิดเห็นว่าในภาพรวมรูปแบบการเรียนการสอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมได้จริง สามารถนำไปปรับใช้กับรายวิชาอื่น ๆ ทางด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้ แต่ควรมีการปรับเปลี่ยนเทคนิควิธีการให้เหมาะสมในแต่ละสถานศึกษา

ตารางที่ 4-15 ผลการประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมด้านรายละเอียดของรูปแบบ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ความเหมาะสม
1. หลักการและแนวคิด ที่ใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบรูปแบบ การเรียนรู้	4.89	0.33	มากที่สุด
2. องค์ประกอบของรูปแบบ **พิจารณาในด้านความครอบคลุมตามองค์ประกอบหลักของรูปแบบการเรียนการสอนทั่วไป			
2.1 การกำหนดปัจจัยนำเข้า	4.67	0.50	มากที่สุด
2.2 กระบวนการเรียนรู้	4.56	0.53	มากที่สุด
2.3 การประเมินผล	4.44	0.53	มาก
2.4 ข้อมูลป้อนกลับ	4.67	0.50	มากที่สุด
ความเหมาะสมด้านรายละเอียดของรูปแบบในภาพรวม	4.64	0.48	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-15 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านรายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้
โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและ
นวัตกรรมโดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64$, S.D. = 0.48) เมื่อพิจารณา
เป็นรายชั้น พบว่า หลักการและแนวคิด ที่ใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ที่
พัฒนาขึ้นมีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.89$, S.D. = 0.33) องค์ประกอบของรูปแบบ
ประกอบด้วย การกำหนดปัจจัยนำเข้า มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$,
S.D. = 0.50) กระบวนการเรียนรู้ มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.53)
การประเมินผล มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.44$, S.D. = 0.53) และข้อมูลป้อนกลับ
มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.50) ผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นต่อด้าน
รายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นว่ามีความเหมาะสมดี และควรมีการอธิบาย
กระบวนการรายละเอียดในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4-16 ผลการประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้

ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม
ด้านองค์ประกอบของรูปแบบ

รายการประเมิน		ผลการประเมิน		
		$\bar{X}$	S.D.	ความเหมาะสม
1. การกำหนดปัจจัยนำเข้า				
	1.1 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.78	0.44	มากที่สุด
	1.2 วิเคราะห์ผู้เรียน	4.33	0.50	มาก
	1.3 วิเคราะห์ผู้สอน	4.22	0.67	มาก
	1.4 เนื้อหา	4.56	0.53	มากที่สุด
	1.5 ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม	4.67	0.50	มากที่สุด
2. กระบวนการเรียนรู้				
	2.1 การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม	4.56	0.53	มากที่สุด
	2.2 การกำหนดโครงการ	4.33	0.50	มาก
	2.3 การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม	4.56	0.53	มากที่สุด
	2.4 การดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม	4.33	0.50	มาก
	2.5 การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม	4.56	0.53	มากที่สุด
3. การประเมินผล				
	3.1 ทักษะวิศวกรรม	4.56	0.53	มากที่สุด

ตารางที่ 4-16 (ต่อ)

รายการประเมิน		ผลการประเมิน		
		$\bar{X}$	S.D.	ความเหมาะสม
3.2	นวัตกรรม	4.44	0.53	มาก
4. ข้อมูลป้อนกลับ				
4.1	ผลการประเมินทักษะวิศวกรรม	4.56	0.53	มากที่สุด
4.2	ผลการประเมินนวัตกรรม	4.33	0.71	มาก
ความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของรูปแบบในภาพรวม		4.48	0.53	มาก

จากตารางที่ 4-16 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านองค์ประกอบโดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.48$, S.D. = 0.53) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า การกำหนดปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.78$, S.D. = 0.44) วิเคราะห์ผู้เรียนมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.50) วิเคราะห์ผู้สอน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.22$, S.D. = 0.67) เนื้อหา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.53) ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.50) กระบวนการเรียนรู้ ประกอบด้วย การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาในทางวิศวกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.53) การกำหนดโครงการ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.50) การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.53) การดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.50) การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.53) การประเมินผล ประกอบด้วย ทักษะวิศวกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.53) และนวัตกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.50) ข้อมูลป้อนกลับ ประกอบด้วย ผลการประเมินทักษะวิศวกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.53) และผลการประเมินนวัตกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.71) ผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นต่อด้านองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นว่ามีความเหมาะสมแต่ควรมีการอธิบายขั้นตอนการเรียนรู้เพิ่มเติม และมีการนำผลป้อนกลับไปใช้ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นอย่างไร

ตารางที่ 4-17 ผลการประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้

ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม
ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้

รายการประเมิน		ผลการประเมิน		
		$\bar{X}$	S.D.	ความเหมาะสม
1	รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมฯ ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมในระดับใด	4.56	0.53	มากที่สุด
2	ขั้นตอนและกิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมฯ ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมในระดับใด	4.56	0.53	มากที่สุด
3	รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมฯ ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้จริงได้	4.67	0.50	มากที่สุด
ความเหมาะสมในการนำรูปแบบไปใช้		4.59	0.50	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-17 การประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ โดยภาพรวมมีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.50) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่ามีความเหมาะสมในการนำไปใช้อยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน ได้แก่ ด้านรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.53) ด้านขั้นตอนและกิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมที่พัฒนาขึ้น ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.53) และด้านรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้จริงได้ ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.50)

บทที่ 5

รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model)

แบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model) มีรายละเอียด ดังนี้

5.1 ความเป็นมาและความสำคัญของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

5.2 รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

5.3 ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

5.4 การนำรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมไปใช้

โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ความเป็นมาและความสำคัญของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

การจัดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ ด้านทฤษฎีควบคู่ไปกับด้านการปฏิบัติจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมียุทธศาสตร์การจัดการศึกษาที่มี ประสิทธิภาพและแตกต่างไปจากสาขาวิชาอื่น ๆ เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนให้เต็มศักยภาพโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ส่งเสริมด้านทักษะและกระบวนการคิดเน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์และการฝึกปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาได้ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ทั้งนี้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนมีแนวโน้มที่จะผนวกการสอนเชิงทฤษฎีแบบผสมผสานมุ่งเน้นการทดลองในเชิงปฏิบัติ โดยการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาจำลองผลในการทำงานซึ่งสามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการหรือทฤษฎีที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดว่าเป็นเครื่องมือสำคัญอย่าง

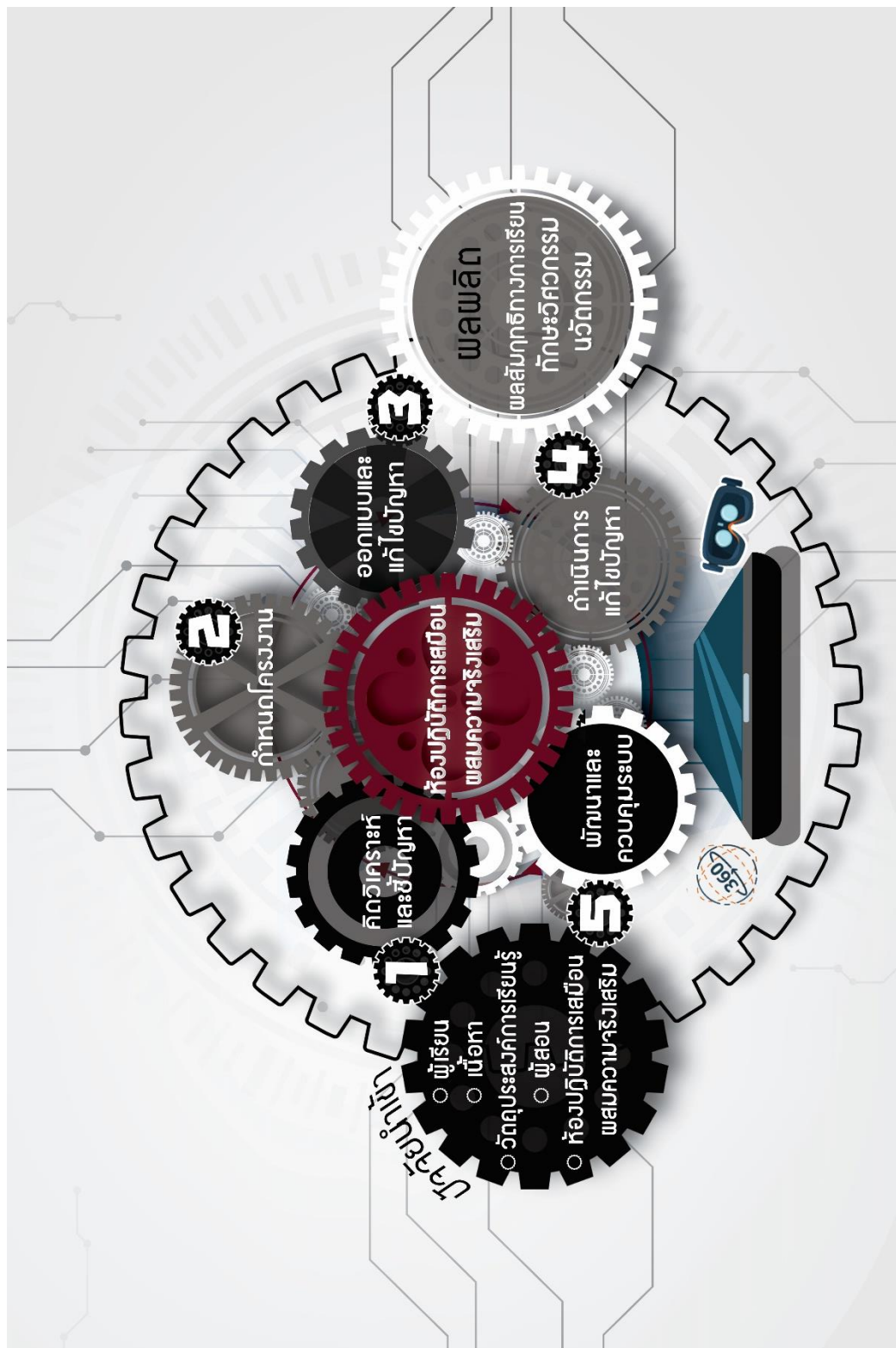
หนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนสาขาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมและสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้มีโอกาสเรียนรู้ ทฤษฎี ทดสอบแนวคิด พัฒนางองค์ความรู้ใหม่ ตลอดจนมีการ ทำงานวิจัยเชิงลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีประกอบกับความสามารถของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มี ประสิทธิภาพในปัจจุบัน จึงสามารถพัฒนาให้มีการสร้างสถานการณ์จำลองได้ ซึ่งเรียกว่า ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง โดยอาศัยคุณสมบัติที่มีศักยภาพของเทคโนโลยีเว็บ ซึ่งห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจะถูกสร้างขึ้น เพื่อใช้ในการเรียนการสอนแบบออนไลน์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเข้า มาใช้ห้องปฏิบัติการได้ โดยไม่มีข้อจำกัดทางด้านเวลาและสถานที่ นอกจากนี้ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์เข้าห้องปฏิบัติการ หรือค่าใช้จ่ายในส่วนที่ต้องซ่อมแซม อุปกรณ์ที่มีอยู่ตลอดจนห้องปฏิบัติการเสมือนจริงไม่จำเป็นต้องมีผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการเหมือนกับ ห้องปฏิบัติการจริง อีกทั้งยังมีความสามารถรองรับผู้เรียนได้เป็นจำนวนมาก และมีนวัตกรรม การศึกษาที่น่าสนใจและเป็นที่ยอมรับในขณะนี้คือ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และเมื่อนำเอา เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาใช้งานร่วมกับห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจึงได้เป็นห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม

วิธีการเรียนการสอนที่ถูกพูดถึงบ่อยครั้งและมีการนำไปทดลองใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ การเรียนแบบโครงงานหรือและการเรียนโดยโครงงานเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เปิด โอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสนใจ ให้ผู้เรียนสามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นผู้เรียนให้เรียนรู้ด้วย ตนเอง มีความคิดสร้างสรรค์ และสร้างนวัตกรรมได้ การเรียนการสอนในยุคใหม่นี้จึงต้องเปลี่ยนแปลง มีสภาพแวดล้อมเอื้อต่อการเรียนรู้อย่างไม่มีขีดจำกัด วิธีการเรียนการสอนเปลี่ยนไปเป็นรูปแบบ ที่ส่งเสริมทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มากขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและ นวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

5.2 รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อ พัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อ พัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ประกอบด้วย (1) หลักการของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิง วิศวกรรมที่พัฒนาขึ้น (2) องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาขึ้น แสดงในภาพที่ 5-1



ภาพที่ 5-1 รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model)

โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 หลักการของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริง เป็นการนำแนวคิดและหลักการของ การเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม นำมาพัฒนาเป็นรูปแบบการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2.1.1 การเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้วิจัย ได้ออกแบบให้นักศึกษา ได้เรียนรู้โดยการสร้างประสบการณ์ตรงของนักศึกษา มีขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบเพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่ ๆ เพื่อให้สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สามารถคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาในทางวิศวกรรมได้ สามารถออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมได้ สามารถดำเนินการประยุกต์ หรือ แก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมให้สำเร็จลุล่วงได้ และสามารถพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม และยังสามารถส่งผลต่อนักศึกษาในด้านการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

โดยขั้นตอนการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาในทางวิศวกรรม

ขั้นที่ 2 การกำหนดโครงงาน

ขั้นที่ 3 การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม

ขั้นที่ 4 การดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม

ขั้นที่ 5 การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

5.2.1.2 ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม หมายถึง ห้องปฏิบัติการที่จำลองสภาพแวดล้อมเสมือนห้องปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ สิ่งปรากฏขึ้นมาในโลกเสมือนจะถูกแยกออกจากโลกกายภาพอย่างชัดเจน สามารถแสดงผลได้ทั้งในคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน และแว่นตาดีจิทัล ร่วมกับการใช้ซอฟต์แวร์จำลองเลียนแบบอุปกรณ์การทดลองจริง ผู้ใช้สามารถใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่ออธิบายวิธีการใช้งานเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ เช่น การใช้งานมัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ได้ผ่านอุปกรณ์ดีจิทัล ได้แก่ แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์แสดงผลภาพอื่น ๆ เพื่อให้เห็นภาพเสมือนอยู่ในสภาพแวดล้อมจริง

5.2.1.3 ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม หมายถึง ทักษะด้านการคิด การออกแบบ การสร้างดำเนินการ และการควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมให้ประสบผลสำเร็จ

ตามการวางแผนและพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ และพร้อมแก้ไขปรับปรุงในส่วนที่บกพร่องของนวัตกรรม

ทักษะวิศวกรรม ประกอบด้วย (1) ทักษะการคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม (2) การกำหนดโครงการ (3) ทักษะการออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม (4) ทักษะการดำเนินการ ประยุกต์หรือแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างลุล่วง และ (5) ทักษะการพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

นวัตกรรม คือ ความคิดใหม่ เทคนิควิธีการใหม่ หรือสิ่งใหม่ที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ทั้งในด้านเศรษฐกิจและการสร้างคุณค่าต่อสังคม องค์ประกอบของนวัตกรรม คือ (1) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (2) ความแปลกใหม่ ของนวัตกรรม (3) การใช้เทคนิควิธีการคิดที่หลากหลาย (4) ความสวยงาม ความประณีต และความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน (5) การสร้างผลงานนวัตกรรม (6) คุณภาพ และการนำไปใช้ประโยชน์

5.2.2 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม เป็นการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคหลากหลายรูปแบบนำมาผสมผสานกัน โดยนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานขององค์ประกอบต่าง ๆ การเรียนโดยใช้โครงการเป็นฐาน กระบวนการเชิงวิศวกรรม ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง เทคโนโลยีความจริงเสริม มากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบ ซึ่งผู้วิจัยใช้แนวคิดในการออกแบบระบบการเรียนการสอนที่มีองค์ประกอบ กระบวนการ ขั้นตอนที่มีความเป็นระบบ (System Approach) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก 1. กำหนดปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนย่อย คือ (1) วัตถุประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน (2) วิเคราะห์ผู้เรียน (3) วิเคราะห์ผู้สอน (4) เนื้อหา และ (5) ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม 2. กระบวนการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (1) การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทาง (2) การกำหนดโครงการ (3) การออกแบบและการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม (4) การดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม และ (5) การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม 3. ประเมินผลผลิตประกอบด้วย (1) ประเมินผลด้านทักษะวิศวกรรม และ (2) ประเมินผลด้านนวัตกรรม 4. ป้อนกลับผลผลิต ประกอบด้วย ผลการวัดทักษะวิศวกรรม และผลการวัดนวัตกรรม

ซึ่งรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบ อธิบายได้ดังนี้

5.2.2.1 กำหนดปัจจัยนำเข้า

องค์ประกอบที่เป็นปัจจัยนำเข้าที่จำเป็นในรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ประกอบด้วย กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน วิเคราะห์ผู้เรียน วิเคราะห์ผู้สอน เนื้อหา และห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมโดยแต่ละองค์ประกอบย่อยมีรายละเอียดดังนี้

5.2.2.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ผู้สอนคาดหวังเมื่อสิ้นสุดการศึกษาด้วยห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม โดยวิธีการวัดและการประเมินผลเพื่อพิจารณาว่าผู้เรียนประสบความสำเร็จหรือบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ผู้สอนคาดหวังไว้หรือไม่ ได้แก่

1. นักศึกษาสามารถชี้ปัญหาในทางวิศวกรรมได้
2. นักศึกษาสามารถเขียนโครงงานเชิงวิศวกรรมได้
3. นักศึกษาสามารถออกแบบโครงงานทางวิศวกรรมได้
4. นักศึกษาสามารถแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมได้
5. นักศึกษาสามารถพัฒนาทักษะทางด้านวิศวกรรมได้
6. นักศึกษาสามารถสร้างนวัตกรรมได้

5.2.2.1.2 วิเคราะห์ผู้เรียน ในการวิเคราะห์ผู้เรียนถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้ามาใช้งานห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนควรเป็นนักศึกษา ระดับปริญญาตรีที่เรียนทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ มีพื้นฐานความรู้ทางด้านการวัดและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร

5.2.2.1.3 วิเคราะห์ผู้สอน ในการวิเคราะห์ผู้สอน เพื่อให้การเข้ามาใช้งานห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมของผู้เรียนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้สอนจะต้องเป็นผู้ให้คำปรึกษาหากผู้เรียนเกิดปัญหาในการใช้งาน และการดำเนินงาน ซึ่งควรเป็นสอนระดับปริญญาตรีทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมโทรคมนาคม วิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร หรืออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นผู้มีความรู้ด้านคอมพิวเตอร์ และมีความรู้ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

5.2.2.1.4 เนื้อหา การแบ่งเนื้อหาการปฏิบัติการใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (หลักสูตรปรับปรุง 2559) 5532106 ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ 1 (0-3-0) Electronic Engineering Laboratory คำอธิบายรายวิชา ปฏิบัติการที่มีเนื้อหาสัมพันธ์กับวิชา 5532105 วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

คุณลักษณะด้านแรงดันและกระแส และด้านความถี่ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การวิเคราะห์และออกแบบวงจรของทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์ แบบมอส วงจรขยายออปแอมป์และการประยุกต์ใช้งาน) ซึ่งเนื้อหาประกอบด้วย อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และเซ็นเซอร์ การทดลองที่ 1 คุณลักษณะไดโอด และวงจรเรียงสัญญาณ การทดลองที่ 2 คุณลักษณะทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ และวงจรขยาย การทดลองที่ 3 คุณลักษณะทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า และวงจรขยาย และการทดลองที่ 4 วงจรขยายออปแอมป์

5.2.2.1.5 ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม มีลักษณะเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาและทบทวนความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการทำโครงงาน ประกอบด้วย การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ การวิเคราะห์วงจรดิจิทัล และได้ฝึกปฏิบัติการเสมือนกับได้ลงมือปฏิบัติกับเครื่องมือที่ใช้ทดลองจริง ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อแสดงสื่อในรูปแบบวิดีโอ สำหรับทบทวนวิธีการใช้งานเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย การใช้งานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และการใช้งานเครื่องมือวัดทางกลศาสตร์

5.2.2.2 กระบวนการเรียนรู้ (Process) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

5.2.2.2.1 การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม (Conceive) ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และทบทวนความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่ถูกออกแบบไว้ในห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อเลือกหัวข้อ/ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา กำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน

5.2.2.2.2 การกำหนดโครงงาน (Project) หลังจากได้หัวข้อ/ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนจะเข้าไปศึกษารูปแบบการทำโครงงาน ที่ถูกออกแบบไว้ในห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อออกแบบการทำงาน เลือกวิธีการ/แหล่งข้อมูล วางแผนการทำโครงการ

5.2.2.2.3 การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม (Design) ขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะได้ลงมือปฏิบัติโครงงาน ดำเนินการออกแบบวิธีการสร้างชิ้นงาน โดยผู้เรียนต้องปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งผู้เรียนสามารถเข้าไปค้นหาข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกแบบชิ้นงานได้ในห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม

5.2.2.2.4 การดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม (Implement) ขั้นตอนนี้ เป็นการทดสอบชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ และดำเนินการแก้ปัญหา โดยผู้เรียนสามารถเข้าหาข้อมูลในห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน

5.2.2.2.5 การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม (Operate)
ขั้นตอนสุดท้าย คือนำเสนอผลการทำโครงการ เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงาน และผลการนำชิ้นงานไปใช้งานจริง

ซึ่งในทุกขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ ผู้เรียนจะต้องเข้าไปกรอกแบบรายงานผลการทำโครงการเพื่อให้ผู้สอนได้ติดตามความก้าวหน้าของงาน และเพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินผลต่อไป

5.2.2.2.6 การประเมินผล (Output)

เป็นการวัดและประเมินผลที่ได้จากรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยใช้การวัดและประเมินผลการเรียนตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ประกอบด้วย ผลทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

1. ทักษะวิศวกรรม คือทักษะด้านการคิด การออกแบบ การสร้างดำเนินการ และการควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมให้ประสบผลสำเร็จ ตามการวางแผนและพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ และพร้อมแก้ไขปรับปรุงในส่วนที่บกพร่องของนวัตกรรม ซึ่งเป็นการประเมินผลจากแบบรายงานผลการทำโครงการในแต่ละขั้นตอนของผู้เรียน

2. นวัตกรรม เป็นการประเมินผลจากชิ้นงานสำเร็จของผู้เรียน ซึ่งเป็นความคิดใหม่ที่ไม่ซ้ำกับที่เคยมีมา มีความประณีต มีความละเอียดลออ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

5.2.2.2.7 ข้อมูลป้อนกลับ (Feed Back)

ข้อมูลป้อนกลับเป็นการนำข้อมูลจากขั้นประเมินผล และขั้นกระบวนการเรียนรู้ ประกอบด้วย ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ และขึ้นกำหนดปัจจัยนำเข้า ให้มีความเหมาะสมตามแต่ละขั้นตอนเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ที่กำหนดขึ้นให้มีความสมบูรณ์และเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนาแบบต่อไปในอนาคต

5.3 ระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผลลัพธ์ที่ได้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย

- 1) สื่อเทคโนโลยีเสมือนจริง เป็นแอปพลิเคชันที่ติดตั้งบนสมาร์ตโฟน และนำสมาร์ตโฟนไปใช้กับแว่นตาดีจิทัล ผู้เรียนจะต้องติดตั้งแอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในสมาร์ตโฟนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เมื่อสวมใส่แว่นตาดีจิทัล ผู้เรียนสามารถเห็นภาพจำลองสภาพแวดล้อม

เสมือนห้องปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และสามารถรับชมสื่อดิจิทัล การอธิบายกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม 2) สื่อเทคโนโลยีความจริงเสริมร่วมกับโปรแกรมจำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบเสมือนจริง เมื่อถึงขั้นตอนการจำลองการทำงานของวงจรผ่านโปรแกรมจำลองการทำงานตามกระบวนการเรียนรู้ และผู้เรียนสามารถใช้แอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นแสดงเทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อแสดงวิธีการใช้งานเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ เช่น การใช้งานมัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ได้ ผ่านอุปกรณ์ดิจิทัล ได้แก่ แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์แสดงผลภาพอื่น ๆ ร่วมกับโปรแกรมเพื่อจำลองการทำงานของวงจร และ 3) ห้องเรียนออนไลน์ (Google Classroom) สำหรับให้ผู้เรียนส่งงาน และทำแบบทดสอบ เพื่อช่วยให้ผู้สอนสร้าง และเก็บงานโดยไม่ต้องใช้กระดาษ แสดงดังภาพที่ 5-2 ถึง ภาพที่ 5-11



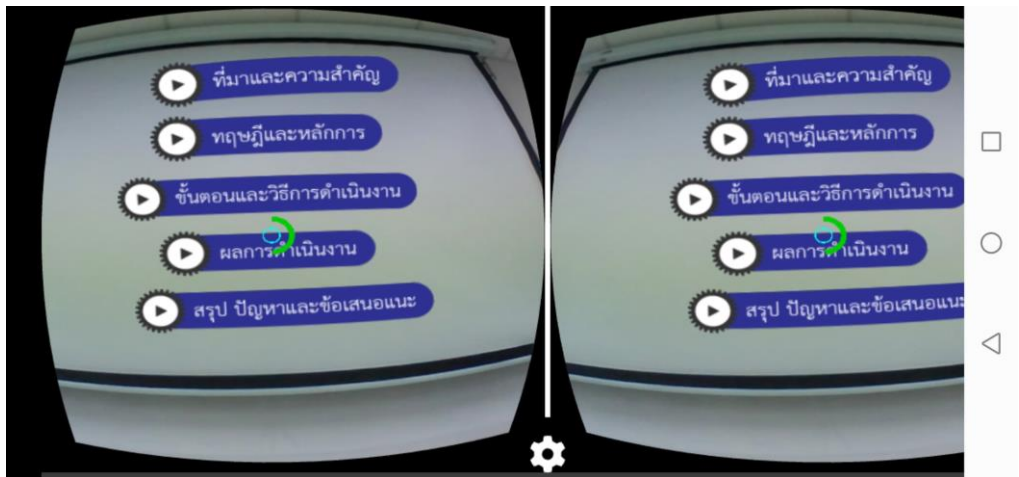
ภาพที่ 5-2 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลของห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เมื่อใช้กับแว่นตาดิจิทัล



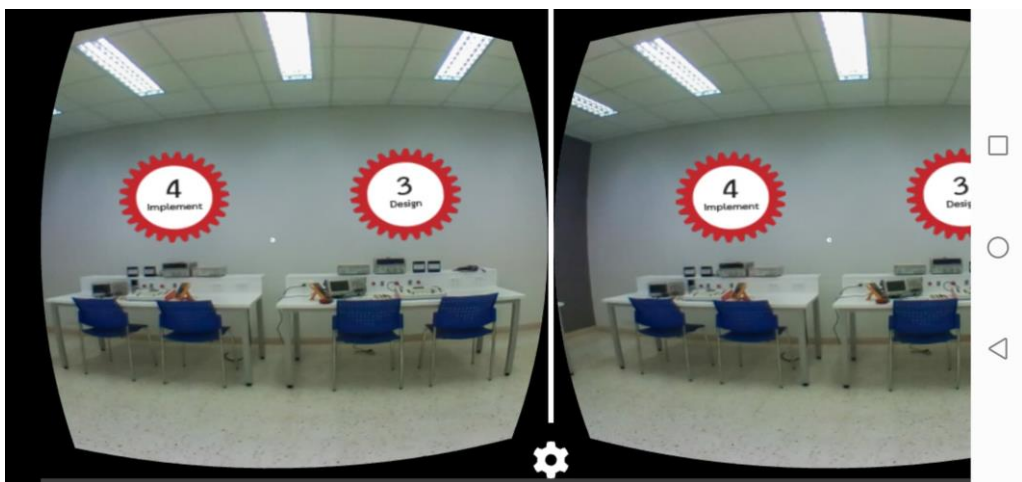
ภาพที่ 5-3 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลกระบวนการการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาในทางวิศวกรรม



ภาพที่ 5-4 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลกระบวนการการกำหนดโครงการ



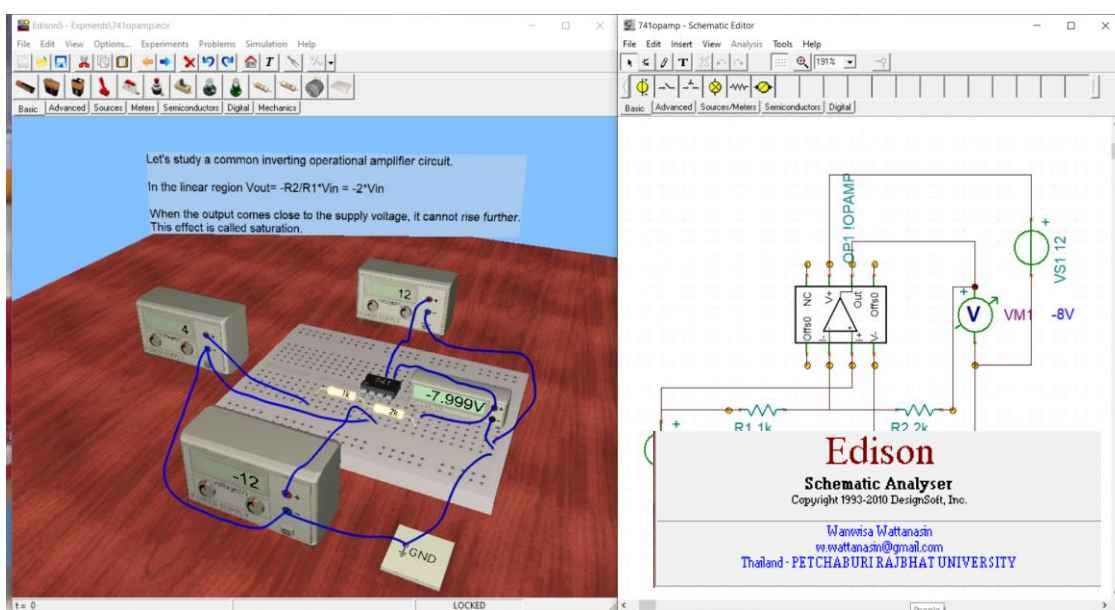
ภาพที่ 5-5 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลกระบวนการออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม



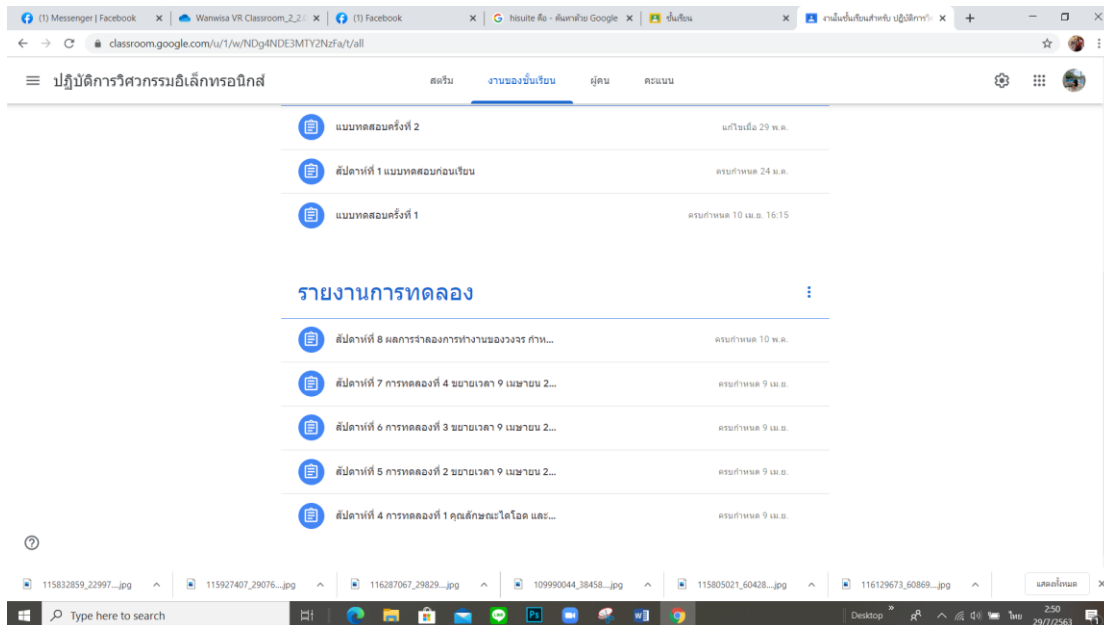
ภาพที่ 5-6 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลกระบวนการดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม



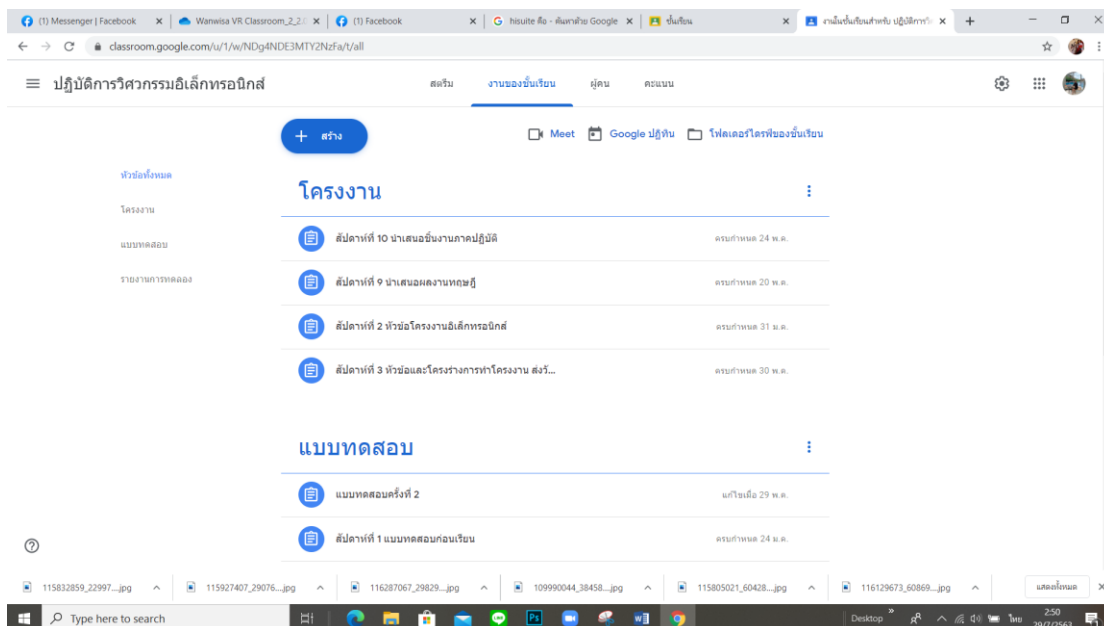
ภาพที่ 5-7 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลกระบวนการการพัฒนา
และควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม



ภาพที่ 5-8 ตัวอย่างโปรแกรมจำลองการทำงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์



ภาพที่ 5-9 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลการส่งรายงานการทดลองของนักศึกษา



ภาพที่ 5-10 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลการส่งชิ้นงานของนักศึกษา

5.4 การนำรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมไปใช้

5.4.1 การเตรียมความพร้อมของสถาบันการศึกษา

5.4.1.1 การเตรียมความพร้อมด้านนโยบายการบริหารสถานศึกษา

การเตรียมความพร้อมด้านนโยบายของสถานศึกษาสำหรับการนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้นั้น ผู้บริหารควรกำหนดนโยบายที่ให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยเน้นการวางโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่ดีโดยเฉพาะการวางโครงข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายให้ครอบคลุมพื้นที่สถานศึกษา และเพียงพอต่อการใช้ สนับสนุนงบประมาณในการพัฒนาและปรับปรุงห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ให้ทันสมัยรองรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ และจัดหาอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น แท็บเล็ต สำหรับให้บริการนักศึกษา การสนับสนุนงบประมาณการอบรมบุคลากรเพื่อให้มีความรู้ด้านการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศ และการใช้งานอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเรียนการสอน

5.4.1.2 การเตรียมความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐาน

การเตรียมความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐานนั้น สถาบันการศึกษาควรเตรียมความพร้อมด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ และเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่สามารถให้บริการอินเทอร์เน็ตด้วยความเร็วสูง และเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตไร้สายผ่าน Wi-Fi

5.4.1.3 การเตรียมความพร้อมของบุคลากร

การเตรียมความพร้อมของบุคลากรแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ การเตรียมความพร้อมของผู้สอนทำได้โดยการจัดอบรมการใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น การอบรมการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้สอนสามารถใช้งานอุปกรณ์และใช้งานโปรแกรมระบบการจัดการเรียนรู้ได้ดี และควรเตรียมความพร้อมให้กับนักศึกษาโดยการฝึกอบรมการใช้อุปกรณ์เคลื่อนที่เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศที่ดีขึ้นเพื่อนำไปใช้กับการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

5.4.2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ตารางที่ 5-1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ขั้นที่ 1 การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม

ขั้นที่ 1 การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม (ในชั้นเรียนและในระบบห้องเรียนออนไลน์ : 6 ชั่วโมง)				
สัปดาห์ที่	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อ/เทคโนโลยี	การประเมินผล	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
1	แนะนำรายวิชา แนะนำผู้สอน แนะนำการเรียนการสอน แนะนำระบบการเรียนการสอนผ่านห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมฯ และทำแบบทดสอบก่อนเรียน - ทำข้อตกลงระหว่างเรียน - กระบวนการเรียนเป็นลักษณะกลุ่ม และมีส่วนร่วมทุกครั้ง - กระบวนการเรียนจะใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ทุกครั้ง เนื่องจากมีระบบคอมพิวเตอร์อินเทอร์เน็ต และแว่น VR ที่อาจารย์เตรียมไว้ให้ และให้นักศึกษานำสมาร์ตโฟนติดตัวมา - ลักษณะการเรียน จะใช้การเรียนแบบโครงงานเชิงวิศวกรรม อภิปราย และการเรียนโดยใช้สื่อเสมือนจริงผสมความจริงเสริม - จบบทเรียน นักศึกษาต้องส่งชิ้นงาน นวัตกรรมที่ได้จากการประยุกต์ใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ - นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนรายบุคคลใน classroom รายวิชา ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	- Google classroom รายวิชาปฏิบัติการ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	แบบทดสอบก่อนเรียน	- นักศึกษาสามารถเลือกหัวข้อ/ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา ปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานได้ - นักศึกษามีทักษะในการคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

ขั้นที่ 1 การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม (ในชั้นเรียนและในระบบห้องเรียนออนไลน์ : 6 ชั่วโมง)				
สัปดาห์ที่	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อ/เทคโนโลยี	การประเมินผล	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
2	นักศึกษาสวมแว่น VR เพื่อเข้าสู่ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมฯ -ศึกษาและทบทวนความรู้พื้นฐาน อุปกรณ์ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการประยุกต์ใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในฐานที่ 1 การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทางวิศวกรรม (Conceive) - นักศึกษาแบ่งกลุ่ม สำหรับทำโครงงานเชิงวิศวกรรม - นักศึกษาร่วมกันอภิปราย เพื่อเลือกหัวข้อ และประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา - กำหนดขอบเขตของปัญหา - กำหนดหัวข้อโครงงาน - นักศึกษาส่งชื่อหัวข้อโครงงานใน classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	- ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม - Google classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	- รายงานหัวข้อโครงงาน - แบบประเมินทักษะวิศวกรรม	

ตารางที่ 5-2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ชั้นที่ 2 การกำหนดโครงการ

ชั้นที่ 2 การกำหนดโครงการ (ในชั้นเรียนและในระบบห้องเรียนออนไลน์ : 3 ชั่วโมง)				
สัปดาห์ที่	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อ/เทคโนโลยี	การประเมินผล	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
3	นักศึกษาสวมแว่น VR เพื่อเข้าสู่ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมฯ - ศึกษาการเขียนเค้าโครงเพื่อการทำโครงการ ในฐานที่ 2 การกำหนดโครงการ (Project) - นักศึกษาร่วมกันอภิปราย เพื่อทำความเข้าใจปัญหา และกำหนดหัวข้อให้ชัดเจน - นักศึกษาร่วมกันอภิปราย เพื่อดำเนินการวางแผน ในการเขียน โครงการ - วิธีการอภิปราย ผู้สอนให้นักศึกษานั่งเป็นกลุ่ม - ผู้สอนให้คำแนะนำในกระบวนการทำโครงการ และควบคุมเวลาในการดำเนินงาน	- ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม - Google classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	- รายงานเค้าโครงเพื่อการทำโครงการ - แบบประเมินทักษะวิศวกรรม	- นักศึกษาสามารถกำหนดหัวข้อโครงการ และวางแผนการทำโครงการได้ - นักศึกษามีทักษะในการกำหนดโครงการ

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

ขั้นที่ 2 การกำหนดโครงการ (ในชั้นเรียนและในระบบห้องเรียนออนไลน์ : 3 ชั่วโมง)				
สัปดาห์ที่	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อ/เทคโนโลยี	การประเมินผล	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
3	- กำหนดประเด็นการอภิปราย ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำโครงการ ชื่อโครงการ ที่มาของโครงการ วัตถุประสงค์ สมมติฐาน วิธีดำเนินโครงการ งบประมาณ และประโยชน์ที่จะได้รับ - นักศึกษาร่วมกันสรุปประเด็นทุกประเด็นอีกครั้ง - นักศึกษาส่งเอกสารโครงการใน classroom รายวิชา - ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์			

ตารางที่ 5-3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน ชั้นที่ 3 การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม

ชั้นที่ 3 การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม (ในชั้นเรียนและในระบบห้องเรียนออนไลน์ : 6 ชั่วโมง)				
สัปดาห์ที่	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อ/เทคโนโลยี	การประเมินผล	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
4	นักศึกษาสวมแว่น VR เพื่อเข้าสู่ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมฯ - นักศึกษาศึกษาข้อมูลการใช้งานโปรแกรม Edison5 ในฐานที่ 3 การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม (Design) - นักศึกษาจำลองการทำงาน การทดลองที่ 1 คุณลักษณะไดโอด และวงจรเรียงสัญญาณ และส่งผลการจำลองการทำงาน ใน classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ - ดำเนินการตามขั้นตอนการทำโครงงาน ลงมือปฏิบัติโครงงาน และดำเนินการออกแบบชิ้นงาน	- ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม - โปรแกรม Edison5 - Google classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อิเล็กทรอนิกส์	- รายงานผลการจำลองการทำงานการทดลองที่ 1 คุณลักษณะไดโอด และวงจรเรียงสัญญาณ - แบบประเมินทักษะวิศวกรรม	- นักศึกษาสามารถออกแบบวงจรและจำลองการทำงานของวงจรได้ - นักศึกษามีทักษะในการออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม

ตารางที่ 5-3 (ต่อ)

ขั้นที่ 3 การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม (ในชั้นเรียนและในระบบห้องเรียนออนไลน์ : 6 ชั่วโมง)				
ลำดับที่	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อ/เทคโนโลยี	การประเมินผล	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
5	นักศึกษาสวมแว่น VR เพื่อเข้าสู่ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมฯ - นักศึกษาศึกษาข้อมูลการใช้งานโปรแกรม Edison5 (ต่อ) ในฐานที่ 3 การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม (Design) - นักศึกษาจำลองการทำงาน การทดลองที่ 2 คุณลักษณะทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ และวงจรขยาย และส่งผลการจำลองการทำงาน ใน classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ - ดำเนินการตามขั้นตอนการทำโครงงาน ลงมือปฏิบัติโครงงาน และดำเนินการออกแบบวงจร (ต่อ)	- ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม - โปรแกรม Edison5 - Google classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	- รายงานผลการจำลองการทำงานการทดลองที่ 2 คุณลักษณะ ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ และวงจรขยาย และส่งผลการจำลองการทำงาน - แบบประเมินทักษะวิศวกรรม	- นักศึกษาสามารถออกแบบวงจร และจำลองการทำงานของวงจรได้ - นักศึกษามีทักษะในการออกแบบ และการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม

ตารางที่ 5-4 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ชั้นที่ 4 การดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม

ชั้นที่ 4 การดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม (ในชั้นเรียนและในระบบห้องเรียนออนไลน์ : 12 ชั่วโมง)				
ลำดับที่	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อ/เทคโนโลยี	การประเมินผล	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
6	นักศึกษาสวมแว่น VR เพื่อเข้าสู่ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม - นักศึกษาศึกษาข้อมูลการออกแบบและสร้างวงจร ในฐานที่ 4 การดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม (Implement) - นักศึกษาจำลองการทำงาน การทดลองที่ 3 คุณลักษณะทรานซิสเตอร์ สนามไฟฟ้า และวงจรขยาย และส่งผลการจำลองการทำงาน ใน classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรม - ดำเนินการตามขั้นตอนการทำโครงงาน นักศึกษาทำการจำลองการทำงานของวงจรที่ได้จากการออกแบบ	- ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม - โปรแกรม Edison5 - Google classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	- รายงานผลการจำลองการทำงานการทดลองที่ 3 คุณลักษณะ ทรานซิสเตอร์ สนามไฟฟ้า และวงจรขยาย - แบบประเมินทักษะวิศวกรรม	- นักศึกษาสามารถออกแบบวงจร และจำลองการทำงานของวงจรได้ - นักศึกษาสามารถออกแบบชิ้นงาน และทดสอบชิ้นงานที่ได้ - นักศึกษามีทักษะในการดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม

ตารางที่ 5-4 (ต่อ)

ขั้นที่ 4 การดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม (ในชั้นเรียนและในระบบห้องเรียนออนไลน์ : 12 ชั่วโมง)				
ลำดับที่	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อ/เทคโนโลยี	การประเมินผล	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
7	นักศึกษาสวมแว่น VR เพื่อเข้าสู่ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม - นักศึกษาศึกษาข้อมูลการออกแบบและสร้างวงจร (ต่อ) ในฐานที่ 4 การดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม (Implement) - นักศึกษาจำลองการทำงาน การทดลองที่ 4 วงจรขยายออปแอมป์ และส่งผลการจำลองการทำงาน ใน classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรม - ดำเนินการตามขั้นตอนการทำโครงงาน นักศึกษาทำการจำลองการทำงานของวงจรที่ได้จากการออกแบบ (ต่อ) - นักศึกษาดำเนินการออกแบบชิ้นงาน และทดสอบชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ	- ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม - โปรแกรม Edison5 - Google classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	- รายงานผลการจำลองการทำงานการทดลองที่ 4 วงจรขยายออปแอมป์ - แบบประเมินทักษะวิศวกรรม	- นักศึกษาสามารถออกแบบวงจรและจำลองการทำงานของวงจรได้ - นักศึกษาสามารถออกแบบชิ้นงานและทดสอบชิ้นงานที่ได้ - นักศึกษามีทักษะในการดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรม

ตารางที่ 5-4 (ต่อ)

ขั้นที่ 4 การดำเนินการแก้ไขปัญหทางวิศวกรรม (ในชั้นเรียนและในระบบห้องเรียนออนไลน์ : 12 ชั่วโมง)				
ลำดับที่	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อ/เทคโนโลยี	การประเมินผล	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
8	นักศึกษาสวมแว่น VR เพื่อเข้าสู่ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมฯ - นักศึกษาศึกษาข้อมูลการออกแบบและสร้างวงจร (ต่อ) ในฐานที่ 4 การดำเนินการแก้ไขปัญหทางวิศวกรรม (Implement) - นักศึกษาดำเนินการออกแบบชิ้นงาน และทดสอบชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ (ต่อ) และส่งผลการจำลองการทำงาน ใน classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรม - นักศึกษาปรับปรุงแก้ไขปัญหาชิ้นงาน	- ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม - โปรแกรม Edison5 - Google classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	รายงานผลการจำลอง การทำงานการออกแบบและสร้างวงจรของนักศึกษา - แบบประเมินทักษะวิศวกรรม	- นักศึกษาสามารถออกแบบวงจรและจำลองการทำงานของวงจรได้ - นักศึกษาสามารถออกแบบชิ้นงานและทดสอบชิ้นงานที่ได้ - นักศึกษามีทักษะในการดำเนินการแก้ไขปัญหทางวิศวกรรม

ตารางที่ 5-5 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ชั้นที่ 5 การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

ชั้นที่ 5 การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม (ในชั้นเรียนและในระบบห้องเรียนออนไลน์ : 6 ชั่วโมง)				
สัปดาห์ที่	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อ/เทคโนโลยี	การประเมินผล	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
9-10	นักศึกษาสวมแว่น VR เพื่อเข้าสู่ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมฯ - นักศึกษาศึกษาข้อมูลการนำเสนอผลงาน ในฐานที่ 5 การดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม (Implement) - นำเสนอแนวคิด และขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงาน - นำเสนอผลการนำชิ้นงานไปใช้งานจริง - นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนรายบุคคลใน classroom รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	- ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม - Google classroom - รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	- แบบประเมินทักษะวิศวกรรม - แบบประเมินนวัตกรรม - แบบทดสอบหลังเรียน	- นักศึกษามีทักษะในการพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม - ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนรู้ - นักศึกษามีทักษะวิศวกรรม - นักศึกษาสามารถพัฒนานวัตกรรมได้

บทที่ 6

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะในการวิจัยเรื่อง รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมครั้งนี้ ผู้วิจัยขอสรุปสาระสำคัญของการวิจัยและนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

6.2 อภิปรายผล

6.3 ข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม แบ่งออกเป็น 6 ตอน ดังนี้

6.1.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model)

6.1.2 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

6.1.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

6.1.4 ผลการประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

6.1.5 ผลการประเมินนวัตกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

6.1.6 ผลการประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

โดยผลการวิจัยแต่ละตอนสรุปได้ดังนี้

6.1.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (PB-EL Model)

6.1.1.1 ผลการสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมได้พัฒนาขึ้นตามแนวคิดวิธีระบบ (System Approach) พบว่ามีด้วยองค์ประกอบหลัก 4 องค์ประกอบ ดังนี้

6.1.1.1.1 กำหนดปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนย่อย คือ (1) วัตถุประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน จุดมุ่งหมายเพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ผู้สอนคาดหวังเมื่อสิ้นสุดการศึกษาด้วยห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม โดยวิธีการวัดและการประเมินผลเพื่อพิจารณาว่าผู้เรียนประสบความสำเร็จหรือบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ผู้สอนคาดหวังไว้หรือไม่ (2) วิเคราะห์ผู้เรียน ในการวิเคราะห์ผู้เรียนถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้ามาใช้งานห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนควรเป็นนักศึกษาในระดับปริญญาตรีที่เรียนทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ มีพื้นฐานความรู้ทางด้านการวัดและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร (3) วิเคราะห์ผู้สอน ในการวิเคราะห์ผู้สอน เพื่อให้การเข้ามาใช้งานห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริมของผู้เรียนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้สอนจะต้องเป็นผู้ให้คำปรึกษาหากผู้เรียนเกิดปัญหาในการใช้งาน และการดำเนินงาน ซึ่งควรเป็นสอนระดับปริญญาตรีทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมโทรคมนาคม วิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร หรืออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นผู้มีความรู้ด้านคอมพิวเตอร์ และมีความรู้ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (4) เนื้อหา การแบ่งเนื้อหาการปฏิบัติการที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (หลักสูตรปรับปรุง 2559) 5532106 ปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ 1 (0-3-0) Electronic Engineering Laboratory และ (5) ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมมีลักษณะเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาและทบทวนความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการทำโครงงาน ประกอบด้วย การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ การวิเคราะห์วงจรดิจิทัล และได้ฝึกปฏิบัติการเสมือนกับได้ลงมือปฏิบัติกับเครื่องมือที่ใช้ทดลองจริง ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อแสดงสื่อในรูปแบบวิดีโอ สำหรับทบทวนวิธีการใช้งานเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย การใช้งานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และการใช้งานเครื่องมือวัดทางการสื่อสาร

6.1.1.1.2 กระบวนการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (1) การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหาในทาง

(2) การกำหนดโครงการ (3) การออกแบบและการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม (4) การดำเนินการแก้ไข ปัญหาทางวิศวกรรม และ (5) การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

6.1.1.1.3 ประเมินผลผลิตประกอบด้วย (1) ประเมินผลด้านทักษะวิศวกรรม คือทักษะด้านการคิด การออกแบบ การสร้างดำเนินการ และการควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมให้ประสบผลสำเร็จ และ (2) ประเมินผลด้านนวัตกรรม เป็นการประเมินผลจากชิ้นงานสำเร็จของผู้เรียน ซึ่งเป็นความคิดใหม่ที่ไม่ซ้ำกับที่เคยมีมา มีความ ประณีต มีความละเอียดลออ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

6.1.1.1.4 ป้อนกลับผลผลิต ประกอบด้วย ผลการวัดทักษะวิศวกรรม และผล การวัดนวัตกรรม

6.1.1.2 ผลของการศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและ นวัตกรรม จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 9 ท่าน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ทางการศึกษา ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร และทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มละ 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบและความเหมาะสมสำหรับนำไปทดลองใช้ พบว่าผู้เชี่ยวชาญมี ความเห็นสอดคล้องกันว่า รูปแบบการเรียนการสอนที่ได้พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับหลักการและ แนวคิดในการพัฒนารูปแบบ มีวัตถุประสงค์ของการรูปแบบที่ต้องการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและ นวัตกรรม ที่สอดคล้องกับหลักงานของรูปแบบ กระบวนการจัดการเรียนการสอน และการวัดและ ประเมินผลของรูปแบบ มีความเหมาะสมต่อการนำไปทดลองใช้อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งเป็นไปตาม สมมติฐานข้อที่ 1.3.1 รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสม ความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ที่พัฒนาขึ้นมาผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมี ผลการประเมินเหมาะสมมาก

6.1.2 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสม ความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ผลการพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 7 ส่วน ประกอบด้วย วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา รายวิชา แผนการจัดการเรียนรู้ สื่อห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม แบบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน แบบประเมินทักษะวิศวกรรม และแบบประเมินนวัตกรรม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นแอป พลิกชันที่ติดตั้งบนสมาร์ตโฟน โดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนและเทคโนโลยีความจริงเสริม และ นำสมาร์ตโฟนไปใช้กับแว่นตาดีจิทัล ผู้เรียนจะต้องติดตั้งแอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในสมาร์ตโฟน ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ร่วมกับการใช้ห้องเรียนออนไลน์ สำหรับให้ผู้เรียนส่งงาน และทำ แบบทดสอบ เพื่อช่วยให้ผู้สอนสร้างและเก็บงานโดยไม่ต้องใช้กระดาษ และโปรแกรมจำลองการ

ทำงานวงจรไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Simulation) จากการประเมินคุณภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น โดย แบ่งออกเป็นการประเมินดังนี้

6.1.2.1 ผลการประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมด้านเนื้อหา ของผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

6.1.2.2 ผลการประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ของผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ซึ่งผลการประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม อยู่ในระดับมากที่สุด เหมาะสมต่อการนำไปใช้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1.3.2 ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นมานั้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก

6.1.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1.3.3.1 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนสูงกว่าก่อนการเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.1.4 ผลการประเมินทักษะวิศวกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ซึ่งเป็นการประเมินผลโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะวิศวกรรมอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1.3.3.2 ผลการประเมินทักษะวิศวกรรม หลังเรียน ด้วยระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีผลการประเมินทักษะสูงกว่าเกณฑ์ ที่กำหนดร้อยละ 80

6.1.5 ผลการประเมินนวัตกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ซึ่งเป็นการประเมินผลโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลงานมีคุณภาพการอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1.3.3.3 ผลการประเมินนวัตกรรม หลังเรียน ด้วยระบบการ

เรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีผลการประเมินความเป็นนวัตกรรมในระดับมาก

6.1.6 ผลการประเมินเพื่อรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม จากการนำเสนอรูปแบบที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงหลังการทดลองใช้ต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 9 ท่าน ประเมินเพื่อรับรองรูปแบบ จากผลการประเมินพบว่า ผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1.3.4 ผลการรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผ่านการรับรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในระดับเหมาะสมมาก

6.2 อภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม จากการศึกษา วิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ การพัฒนาและการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน รวมถึงข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ มีประเด็นหลักที่นำมาอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

6.2.1 รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม พัฒนาขึ้นตามหลักการ แนวคิด และทฤษฎีของการเรียนแบบโครงการ แนวคิดเชิงวิศวกรรม การจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง และเทคโนโลยีความจริงเสริม แล้วนำแนวคิด และทฤษฎีดังกล่าวมาวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อสร้างแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมุ่งเน้นกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ทำให้เกิดองค์ประกอบ ขั้นตอน จุดประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน โดยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

6.2.1.1 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ปัจจัยนำเข้า กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบโครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม ผลผลิต และการป้อนกลับ โดยการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนจะคำนึงถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบแต่ละส่วนซึ่งจะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน โดยเริ่มที่ปัจจัยนำเข้าจะมีการกำหนดว่าในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบจำเป็นต้องการมีกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบ บทบาทผู้เรียน บทบาทผู้สอน และห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม ต่อจากนั้นในส่วนของการจัดการเรียนการสอน จะประกอบด้วยขั้นการเตรียมการก่อนการ

เรียนการสอน ขั้นการจัดการเรียนการสอน ซึ่งในระหว่างกระบวนการจัดการเรียนการสอนนั้นจะมี กิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนฝึกทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม สามารถศึกษาได้อย่างอิสระ รูปแบบการเรียนการสอนนี้จะเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ จำลองผลการทำงาน นำเสนอผลงาน เพื่อฝึก ทักษะด้านการคิด การออกแบบ การสร้างดำเนินการ และการควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างมี ประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาวัตกรรมการให้ประสบผลสำเร็จ ผู้เรียนสามารถฝึกทักษะการใช้ ภาษา การนำเสนอ และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ถูกต้องและเหมาะสม เนื่องจากจะต้องฝึก สรุปลงการจำลองการทำงานของวงจรจากการเรียนในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่สามารถ นำไปพัฒนาผลงานได้ เมื่อผู้สอนดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนในทุกขั้นตอนแล้ว จะมีการ ประเมินผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการกระบวนการจัดการเรียนการสอน ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการประเมิน ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยเมื่อจบกระบวนการในทุกขั้นตอนแล้วจะมีการให้ผลป้อนกลับโดย ผู้สอนและผู้เรียนไปยังปัจจัยนำเข้า กระบวนการจัดการเรียนการสอน เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงให้ รูปแบบการเรียนการสอนมีความสมบูรณ์มากขึ้น การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนนี้พัฒนาตาม แนวคิดวิธีระบบ (Systematic Approach) โดยการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนในลักษณะนี้ สอดคล้องกับแนวคิดของ อาภรณ์ (2540) กล่าวว่า การสอนเชิงระบบมีความสำคัญช่วยทำให้เป็นการ เรียนการสอนที่มีคุณภาพ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้ ข้อมูลสู่การสอน (Input) กระบวนการสอน (Process) ผลการสอน (Output) และ ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) รูปแบบการเรียนการสอนจึงประกอบด้วยองค์ประกอบดังกล่าว เพื่อ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียด ดังนี้

6.2.1.1.1 ปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย วัตถุประสงค์การเรียนรู้ คุณลักษณะ ผู้สอน คุณลักษณะผู้เรียน เนื้อหารายวิชา และห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม ซึ่งเป็น สิ่งจำเป็นพื้นฐานเพื่อให้สามารถจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นได้ เป็นการจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานเชิงวิศวกรรมทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ ทุกที่ ทุกเวลา

6.2.1.1.2 กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อ ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้ 1. การคิดวิเคราะห์และชี้ ปัญหาในทางวิศวกรรม (Conceive) ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และทบทวนความรู้ พื้นฐานทางวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ 2. การกำหนดโครงงาน (Project) หลังจากได้หัวข้อ/ประเด็น ปัญหาที่ต้องการศึกษาเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนจะเข้าได้ศึกษารูปแบบการทำโครงงาน 3.การออกแบบ และการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม (Design) ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้ลงมือปฏิบัติโครงงาน ดำเนินการ ออกแบบวิธีการสร้างชิ้นงาน 4. การดำเนินการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม (Implement) ขั้นตอนนี้ เป็นการทดสอบชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ และดำเนินการแก้ปัญหา 5.การพัฒนาและควบคุม ระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม (Operate) ขั้นตอนสุดท้าย คือนำเสนอผลการทำโครงงาน ซึ่งสอดคล้อง

กับงานวิจัยของ พิชิต และคณะ (2558) การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบรูปแบบการเรียนรู้แบบดาปัว (DAPOA Model) สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชา ปฏิบัติการทางด้านเทคโนโลยีไฟฟ้า อุตสาหกรรม รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกำหนดหัวข้อ (Determination) 2) การวิเคราะห์ (Analysis) 3) การวางแผนและการออกแบบ (Planning and Design) 4) การดำเนินการ (Operation) และ 5) การประเมินผล (Assessment)

6.2.1.1.3 ผลผลิต คือ ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผู้วิจัยใช้หลักการวัดและประเมินผลการเรียนตามสภาพจริง โดยการวัดทักษะวิศวกรรมเมื่อจบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยประเมินจากงานที่ส่ง ประเมินผลงานตามงานที่ได้รับมอบหมาย โดยใช้แบบประเมินทักษะวิศวกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน และประเมินนวัตกรรมของผู้เรียนหลังเรียนตามรูปแบบฯ ประเมินผลงาน โดยใช้แบบประเมินนวัตกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ นิตยา (2547) เพื่อเป็นการประเมินองค์ความรู้ของผู้เรียนที่ได้จากการเรียนรู้โดยการวัดจากคุณภาพของผลงาน เพื่อให้ทราบถึงระดับทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมของผู้เรียนโดยใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น

6.2.1.1.4 ข้อมูลป้อนกลับ คือ คะแนนการทำการทดลอง การส่งงานและการทำกิจกรรมต่าง ๆ คะแนนการประเมินทักษะวิศวกรรม และผลการประเมินนวัตกรรม โดยนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ว่ามีข้อบกพร่องในจุดใดแล้วปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้รูปแบบการสอนที่มีประสิทธิภาพ

6.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อนำมาทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ .01 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ซึ่งสูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากรูปแบบการเรียนการสอนให้ผู้เรียนศึกษาความรู้พื้นฐาน และได้จำลองการทำงานของวงจร ในระหว่างที่จะเข้ามาทำกิจกรรมในชั้นเรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถามสิ่งที่สงสัย ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนทบทวนสิ่งที่ตนเองได้เรียนให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอาทิตยา (2557) ทำวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนมัลติมีเดียร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศ ความจริงวิชาคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจาก เป็นสื่อการสอนที่น่าสนใจ มีความแปลกใหม่ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิด ความค้นคว้า ออกแบบได้น่าสนใจเหมาะสมกับผู้เรียน และอธิบายได้อย่างชัดเจน

6.2.3 ผลคะแนนทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม ผลการประเมินทักษะ

วิศวกรรมของนักศึกษา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะวิศวกรรมอยู่ในระดับมาก และผลการประเมินนวัตกรรมของนักศึกษามีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลงานมีคุณภาพการอยู่ในระดับมาก เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนเน้นให้ผู้เรียนได้กำหนดหัวข้อโครงการที่ต้องการศึกษาด้วยตัวเอง ทำให้ได้ประเด็นที่ต้องการเรียนรู้ หลังจากนั้นผู้เรียนต้องหาวิธีในการออกแบบ ดำเนินการสร้างและทดสอบชิ้นงาน นำเสนอผลงาน ซึ่งกระบวนการเรียนรู้สามารถเรียนรู้แบบออนไลน์ จึงทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะทักษะทางด้านวิศวกรรม ทักษะด้านการใช้ภาษาในการสื่อสาร และทักษะด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ผ่านกระบวนการเรียนการสอนนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ D.P. Morales, E. Castillo, L. Parrilla, A. García (2015) งานวิจัยเรื่อง Towards Project-Based Learning applied to the Electronic Engineering Studies รูปแบบการเรียนการสอนนี้แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถเผชิญ และแก้ปัญหาที่คาดไม่ถึงในระหว่างทำโครงการได้ และช่วยเพิ่มทักษะที่คาดหวังสำหรับวิศวกรไฟฟ้า

6.2.4 ปัจจัยความสำเร็จในการนำระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ไปใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ในรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า จากการจัดการเรียนการสอนทั่วไปในสถานการณ์ปกติ นักศึกษาจะได้ลงมือปฏิบัติการทดลองตามรายงานการทดลองในห้องปฏิบัติการจริง ควบคู่ไปกับการเรียนทางทฤษฎี ซึ่งส่งผลให้นักศึกษาเกิดทักษะจากการลงมือปฏิบัติจากเครื่องมือจริง และเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน อาทิ สถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด -19 ที่ผ่านมามีมหาวิทยาลัยต้องปิดการเรียนการสอนและไม่สามารถจัดการเรียนการสอนให้กับผู้เรียนในรายวิชาทฤษฎีและปฏิบัติได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนกับนักศึกษา ส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนยังดำเนินการได้ และการสอนยังมีคุณภาพเทียบเท่าเดิม เนื่องจากระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม เป็นการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ โดยนำเทคโนโลยีมาจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในรายวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบเสริมความรู้ และได้ลงมือจำลองการทำงานของวงจรได้ โดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่ อีกทั้งก่อให้เกิดความน่าสนใจ แปลกใหม่ และเป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียน ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมระหว่างผู้เรียนต่อผู้เรียน และผู้เรียนต่อผู้สอนในชั้นเรียนออนไลน์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยด้านพฤติกรรมเด็ก Generation Z ของ Barley (2016) ที่กล่าวว่า ผู้เรียน Gen Z ไม่ชอบการบรรยายเป็นวิธีการสอนหลัก การบรรยายเป็นเวลานานเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้เรียนสำหรับการสื่อสาร ผู้สอนควรพูดสั้นๆเกี่ยวกับเนื้อหา แล้วให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้ข้อมูลและทดสอบความรู้ของพวกเขา อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ

Seemiller & Grace (2016) ที่กล่าวไว้ว่า ผู้เรียน Gen Z ชอบวิธีการสอนรูปแบบใหม่ ชอบอาจารย์ผู้สอนที่มีส่วนร่วมและสร้างแรงบันดาลใจ โดยพวกเขามองว่าอาจารย์เป็นผู้เอื้ออำนวยความสะดวกการเรียนรู้ และการเรียนรู้เกิดจากประสบการณ์ ซึ่ง Generation Z คือ กลุ่มประชากรที่มีอายุตั้งแต่ 10-24 ปี เกิดระหว่างปี พ.ศ. 2538 - 2552 ที่เติบโตมาพร้อมกับสิ่งอำนวยความสะดวกมากมายที่อยู่แวดล้อมรอบตัว มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีต่างๆ เรียนรู้ได้รวดเร็ว และอยู่กับสื่อดิจิทัลโดยกำเนิด ใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่บนโลกออนไลน์ เสพติดการใช้สื่อสังคมออนไลน์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้การนำระบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมมาใช้กับนักศึกษาที่เกิดในยุค Generation Z เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

6.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษา เรื่อง รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

6.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการวิจัย เรื่อง รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผู้วิจัยขอเสนอข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปปฏิบัติและใช้ประโยชน์ ดังนี้

6.3.1.1 บุคลากรทางการศึกษาที่จะนำรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรม โดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมไปใช้ จะต้องมีการเตรียมความพร้อมทางด้านองค์ประกอบหลักของรูปแบบการเรียนรู้ ได้แก่ องค์ประกอบทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ ด้านผู้สอน ด้านผู้เรียน ด้านเทคโนโลยีความจริงเสมือน ด้านแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ ด้านสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ และด้านเนื้อหาวิชา โดยแต่ละองค์ประกอบควรมีคุณลักษณะตามที่ผู้วิจัยกำหนด โดยเฉพาะอุปกรณ์ดิจิทัลและเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เพียงพอ รวมทั้งได้รับความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญภายนอกที่สามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้

6.3.1.2 สถานศึกษาที่นำรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมไปใช้ ควรมีการประชุมชี้แจงให้บุคคลที่เกี่ยวข้อง ให้เห็นถึงความสำคัญและความสำคัญของการเรียนรู้ทางอารมณ์สังคม ซึ่งเป็นสมรรถนะที่สำคัญสำหรับผู้เรียนในปัจจุบันและอนาคต ที่มีความจำเป็น ที่สถานศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการพัฒนา เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีเจตคติที่ดีต่อรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม โดยไม่พิจารณาความสำเร็จทางการเรียนของผู้เรียนจากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างเดียว

6.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

จากการดำเนินการและผลการวิจัย เรื่อง รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ผู้วิจัยขอเสนอข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

6.3.2.1 ควรมีการศึกษผลการนำรูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม ไปใช้กับรูปแบบการเรียนการสอนอื่น ๆ เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น

6.3.2.2 ในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลของการใช้ รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ควรมีการศึกษผลของการใช้ระบบฯ กับผู้เรียนในกลุ่มอื่น ๆ เช่น นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา นักเรียนระดับอาชีวศึกษา เป็นต้น

6.3.2.3 ในงานวิจัยครั้งนี้ สื่อด้านเทคโนโลยีความจริงเสมือนผสมความจริงเสริมพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม Vuforia + Unity ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality) และเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality) ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถทำงานได้ในคอมพิวเตอร์ และสามารถส่งออกไปใช้กับสมาร์ทโฟนได้ทุกระบบปฏิบัติการ จากการพัฒนาพบว่า สื่อด้านเทคโนโลยีความจริงเสมือนผสมความจริงเสริมที่พัฒนาขึ้นยังไม่สามารถใช้งานร่วมกับสมาร์ทโฟนได้ทุกระบบปฏิบัติการ เนื่องจากจะทำให้ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ผู้พัฒนาควรศึกษาวิธีการพัฒนาโดยใช้วิธีการอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อลดค่าใช้จ่าย และได้แอปพลิเคชันที่ผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้ง่ายอย่างไม่มีข้อจำกัด

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กองทุนพัฒนานวัตกรรม. (2545). “เพาะปลูกความคิด ให้ออกผลทางเศรษฐกิจ.” วารสาร MBA.

ปีที่ 4 ฉบับที่ 38 : 79.

กิดานันท์ มลิทอง. (2543). เทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :

อรุณการพิมพ์.

ชัยวัฒน์ ตั่นทรางสี. (2554). รูปแบบการเรียนรู้ของนักศึกษาภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

สวนสุนันทา : กรณีศึกษารายวิชาการศึกษาทั่วไป ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและ

ทักษะการเรียนรู้. รายงานวิจัย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ชัยวัฒน์ สุวิชัย. (2560). [ออนไลน์]. แนวคิดแบบวิศวกรรมศาสตร์ Engineering Thought.

[สืบค้นวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2561]. จาก siamrath.co.th/n/7226

ชัยวิชิต เชียรชนะ. (2560). “การสร้างและการพัฒนาโมเดล/รูปแบบ/แบบจำลอง/ตัวแบบ.”

วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 : 1-11.

ถนอมพร เลหาจรัสแสง. (2545). Desining e-learning. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.

ทิตินา แคมมณี. (2555). ศาสตร์การสอน. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยีน ภู่วรรณ. (2545). พจนานุกรมคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

รูปแบบการเรียนการสอน. (2554). ทางเลือกที่หลากหลาย. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : แห่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรงพล ชันชัย. (2554). การพัฒนาแบบจำลองเพื่อการศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม กรณี

ศึกษาแบบหลายมาร์คเกอร์. วิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นฤตล ตามพ์สุกรี. (2553). ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนด้วยระบบปฏิบัติการจริง สำหรับรายวิชา

ปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้. มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีสุรนารี.

ปณิตา วรรณพิรุณ. (2554). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานโดยใช้เครื่องมือ

ทางปัญญาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. รายงานวิจัย. คณะครุศาสตร์

อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

- ณัฐกานต์ ภาคพรต. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงตามหลักการการศึกษามุ่งเน้นเพื่อส่งเสริมความฉลาดทางอารมณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- น้ำทิพย์ วิภาวิน. (2542). ห้องสมุดยุคใหม่กับไอที. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ปรัชญนันท์ นิลสุข. (2558). การจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน (Project-based Learning). กรุงเทพฯ : MAC Education.
- พนิดา ตันศิริ. (2552). “โลกเสมือนผสมผสานโลกจริง (Augmented reality).” วารสารนักบริหารมหาวิทยาลัยกรุงเทพ. ฉบับที่ 2 : 169-173.
- พินันtha ฉัตรวัฒนา. (2557). ระบบการสอนอัจฉริยะเชิงสร้างสรรค์บนเว็บเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- พิชิต อ้วนไตร สุรพันธ์ ตันศรีวงศ์ และสมศักดิ์ อรรถทิมากุล. (2558). “การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้อย่างเป็นระบบเป็นฐานแบบ DAPOA สำหรับการศึกษาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม.” การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติครั้งที่ 8. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และราชน มีศรี. (2552). การสอนคิดด้วยโครงการการเรียนการสอนแบบบูรณาการ. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพฑูรย์ ศรีฟ้า. (2553). “ผูกข้อมูลไว้ในโลกเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยี Aurasma.” CAT Magazine. ฉบับที่ 32 : 40-41.
- รักษพล ธนาวงศ์. (2556). “สื่อเสริมการเรียนรู้โลกเสมือนผสมผสานโลกจริง.” วารสาร สสวท. ปีที่ 41 ฉบับที่ 181 : 28-31.
- ลัดดา ภูเกียรติ. (2552). โครงการเพื่อการเรียนรู้: หลักการและแนวทางการจัดกิจกรรม. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมใจ สืบเสาะ. (2555). การพัฒนารูปแบบการเรียนแบบสร้างสรรค์เชิงธรรมชาติบนเว็บ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์ และคณะ. (2533). “นวัตกรรม : ความหมาย ประเภท และความสำคัญต่อการเป็นผู้ประกอบการ.” วารสารบริหารธุรกิจ. ปีที่ 33 ฉบับที่ 128.

- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2550). แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3 การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. กรุงเทพฯ : สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.
- สันติ หุตะมาน. (2557). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับระบบการให้คำปรึกษาตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ เรื่องการควบคุมระบบ. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้าศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สถาพร อยู่สมบูรณ์ และปณิดา วรรณพิรุณ. (2556). การออกแบบสื่อการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงในสภาพแวดล้อมทางการเรียนแบบยูบิควิตัสเพื่อลดภาระทางปัญญาของผู้เรียน. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติด้านอีเลิร์นนิ่ง National e-Learning Conference 2013: Strengthening Learning Quality : Bridging Engineering and Education (NEC2013). มหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย.
- สมมาตร ขำเกลี้ยง. (2552). การพัฒนาแบบการวิเคราะห์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้วิธีการวนรอบของคลื่น เพื่อประยุกต์ใช้กับภาคศึกษาวงจรคลื่นระนาบไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สฤตยอนวัตรกรรมไทย. (2550). กรุงเทพฯ : สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ครุสภาลาดพร้าว.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช). (2554). นวัตกรรม : กุญแจสู่ความสำเร็จของประเทศไทยในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.
- วรัญญา จีระวิพลวรรณ. (2549). การพัฒนาครุวิทยาาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นให้จัดการเรียนรู้ ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม : กรณีศึกษาโรงเรียนหนึ่งในจังหวัดอุดรธานี. วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2553). “การวิจัยพัฒนารูปแบบ.” วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. ปีที่ 2 ฉบับที่ 4 : 1-15.
- การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน. (2557). [ออนไลน์]. (เอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน). [สืบค้นวันที่ 29 มกราคม 2563]. จาก <http://www.fte.kmutnb.ac.th/km/project-based%20learning.pdf>

- วิชัย ตรีเล็ก และพัลลภ พิริยะสุวรรณค์. “An Approach of Collaborative Project-Based Learning via m-Learning Towards ASEAN Community: A Case Study of Thai Students and Lao People's Democratic Republic Students.” The 1st International Conference on Technical Education (ICTechEd 2013).
- วิวัฒน์ มีสุวรรณ. (2554). “การเรียนรู้ด้วยการสร้างเสมือนผลงานโลกจริง.” วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์. ปีที่ 13 ฉบับที่ 2. (2556). การพัฒนารูปแบบชุดการเรียนการสอน ร่วมกับเทคโนโลยีโลกเสมือนผลงาน โลกจริง (Augmented Reality). พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพมหานคร : 1มูลนิธิ. สดศรี-สฤณีวงศ์. (2556). [ออนไลน์]. ห้องปฏิบัติการจริง และห้องปฏิบัติการเสมือน. [สืบค้นวันที่ 29 มกราคม 2563]. จาก <https://www.gotoknow.org/posts/534946>
- วัชร เล่าเรียนดี, ประณัฐ กิจรุ่งเรือง และอรพิน ศิริสัมพันธ์. (2560). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุก เพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษาสำหรับศตวรรษที่ 21. ครั้งที่พิมพ์ 12. นครปฐม : เพชรเกษมพรินต์ติ้ง กรุ๊ป จำกัด.
- คันสนีย์ สังสรรค์อนันต์. (2551). “การพัฒนาแบบจำลองห้องปฏิบัติการเสมือนจริงเพื่อการเรียนการสอนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์.” ใน การวิจัยทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อุษา คงทอง และคณะ. (2553). คู่มือการจัดระบบการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การเรียนรู้. ครั้งที่พิมพ์ 1. พระนครศรีอยุธยา : โรงพิมพ์เทียนวัฒนา พรินต์ติ้ง.
- อภิชาติ อนุกุลเวช และภูวดล บังบางพล. (2556). องค์ประกอบของการพัฒนาสื่อ AR. การประชุมเชิงปฏิบัติการการดำเนินกิจกรรมบนระบบเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา WUNCA ครั้งที่ 27. วิทยาเขตกาญจนบุรี มหาวิทยาลัยมหิดล.
- อาทิตยา บุญเกิด. (2557). การสร้างบทเรียนมัลติมีเดียร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศความจริงวิชาคอมพิวเตอร์ เรื่อง การใช้งานคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวัน. ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเรียนรู้และสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อำนาจ ชิตทอง. (2555). การประยุกต์เทคนิคความเป็นจริงเสริมเพื่อผลิตสื่อการสอนสำหรับโครงสร้างไม้. บัณฑิตวิทยาลัย เทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อัจฉรา จันทร์ฉาย. (2553). “นวัตกรรม: ความหมาย ประเภท และความสำคัญต่อการเป็นผู้ประกอบการ.” วารสารบริหารธุรกิจ. ปีที่ 33 ฉบับที่ 128.

ภาษาอังกฤษ

- Azuma, R. (1997). "A survey of Augmented Reality." Presence: Teleoperators and Virtual Environments. Vol. 4 No.4 : 355-385.
- Barley S. (2016). [online]. Here's what marketers need to know about Generation Z. [Retrieved June 6, 2020]. Available from : <https://www.sprinklr.com/the-way/what-marketers-need-know-generation-z/>
- Buck Institute for Education. (2019). [online]. Gold Standard PBL: Essential Project Design Elements. [cited 1 Nov. 2020]. Available from : <https://www.pblworks.org/what-is-pbl/gold-standard-project-design>
- Gold Standard PBL: Project Based Teaching Practices. [cited Nov 1, 2020]. Available from : <https://www.pblworks.org/what-is-pbl/gold-standard-teaching-practices>
- DTI. (2004). Succeeding Through Innovation, Creating Competitive Advantage Through Innovation: A Guide for Small and Medium Sized Businesses. Department of Trade and Industry. London.
- D.P. Morales, E. Castillo, L. and Parrilla, A. García. (2015). Towards Project-Based Learning applied to the Electronic Engineering Studies. Design of Circuits and Integrated Systems.
- Engineering University of Colorado Boulder. (2020). [online]. Engineering Design Process. [cited Oct 27, 2020]. Available from : <https://www.teachengineering.org/design/designprocess>
- Feng, Zhou., Henry Been-Lirn Duh. and Mark Billinghurst. (2008). "Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A Review of Ten Years of ISMAR." IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality : 193-200.
- Herkema, S. (2003). "A Complex Adaptive Perspective on Learning within Innovation Projects". The Learning Organization. Vol. 10 No. 6 : 340- 346.
- Huan-Wen, Tzeng. and Chin-Ming, Tien. (2000). "Design of a virtual laboratory for teaching electric machinery." Systems, Man, and Cybernetics : 971-976.
- IGI Global. (2020). [online]. What is Virtual Lab. [cited 26 Oct. 2020]. Available from : <https://www.igi-global.com/dictionary/virtual-lab/31699>

- LinkedIn. (2019). [online]. Future of Skills Report. [cited 30 Oct. 2020]. Available from : <https://business.linkedin.com/talent-solutions/recruiting-tips/future-of-skills-for-asia-pacific-2019>
- Indeed. (2020). [online]. 12 Essential Engineering Skills. [cited 26 Oct. 2020]. Available from : <https://www.indeed.com/career-advice/resumes-cover-letters/essential-engineering-skills>
- Kessler, C. (1992). [online]. Cooperative language learning: A teacher's resource book. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice Hall Regents.
- Kuptasthien, N., Triwanapong, S. and Kanchana, R. (2014). "Integrated Curriculum Development in Industrial Engineering Program Using CDIO Framework." Journal of Association for Engineering Education of Russia. Vol. 16. 28–34.
- Kawabata, S., Yamada, Y. and Sanekata, M. (2004). "Virtual laboratory work of physics." Proceedings of the Fifth International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training : 477–480.
- Lemon, M. and Sahota, P. S. (2003). "Organizational Culture as a Knowledge Repository for Increased Innovation Capacity". Technovation.
- Markus S., Wang F. Y. and Lee B. G. (2012). "Development of Edutainment Content for Elementary School Using Mobile Augmented Reality." International Conference on Computer Research and Development IP CSIT. Vol.39.
- Milgram and A.F.Kishino. (1994). "Taxonomy of Mixed Reality Virtual Displays." IEICE Transactions on Information and Systems. E77-D (12) : 1321-1329.
- NASA. (2020). [online]. Engineering Design Process. [cited 27 Oct. 2020]. Available from : <https://www.nasa.gov/audience/foreducators/best/edp.html>
- National Academy of Engineering. (2020). [online]. What is Engineering Design?. [cited 27 Oct. 2020]. Available from : <https://www.engineergirl.org/128119/engineering-design>
- National Research Council. (2012). "A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas." Committee on New Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press.

- Patel, H. and Cardinali, R. (2018). "Virtual Reality Technology in Business." Management Decision. Vol. 32 No.7 : 5-12.
- Peng, F. and Zhai, J. (2017). "A mobile augmented reality system for exhibition hall based on Vuforia." 2nd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC). Vol.1 No.2017 : 1049-1052.
- Powell, P. (2017). [online]. Digital Emotional Intelligence. [cited 8 Sep. 2018]. Available from : bit.ly/2E5e5JP
- Pantida P. (2012). "Marker-Based Augmented Reality Magic Book for Anatomical Education." International Conference on Computer and Communication Technologies (ICCCT'2012). May 26-27, Phuket, Thailand.
- PraxiLabs. (2018). [online]. Virtual Labs' Features and Benefits. [cited 26 Oct. 2020]. Available from : https://blog.praxilabs.com/2018/02/08/virtual-labs-features-benefits/#9_Benefits_of_Using_Virtual_Labs
- Quint, F., Sebastian, K. and Gorecky, D. (2015). "A Mixed-reality Learning Environment." Procedia Computer Science. Vol.75 No.2015 : 43-48.
- Ribe, R. and N. Vidal. (1993). [online]. Project Work Step by Step Oxford: Oxford University Press. [cited 8 Sep. 2018]. Available from : http://www.ugr.es/~robinson/1995/1995_project_work.pdf
- Shirley, A. (2016). [online]. 5 charts that explain the future of education. [cited 18 Nov. 2017]. Available from : bit.ly/2P98Tly
- Science Buddies. (2020). [online]. The Engineering Design Process. [cited 27 Oct. 2020]. Available from : <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/engineering-design-process/engineering-design-process-steps>
- Seemiller, C., and Grace, M. (2016). Generation Z Goes to College. San Francisco, California: Jossey Bass.
- Steven, M. (2017). [online]. Virtual Reality. [cited 5 Sep. 2018]. Available from : msl.cs.uiuc.edu/vr/vrch1.pdf
- Steve C. Y., Gallayanee Y. and Erik J. (2011). "Augmented reality: An overview and five directions for AR in education." Journal of Educational Technology Development and Exchange : 119-140.

- Schilling , M.A. (2008). [online]. Strategic Management of Technological Innovation. [cited 5 Sep. 2018]. Available from : <https://www.slideshare.net/BulahLockmancdx232/strategic-management-of-technological-innovation-pdf-books>
- Smits, R. (2002). "Innovation studies in the 21 th century: Questions from a user's Perspective". Technological Forecasting & Social Change. Vol. 69 No. 2 : 861-883.
- Stahre Wästberg B., et al. (2019). "Design considerations for virtual laboratories: A comparative study of two virtual laboratories for learning about gas solubility and colour appearance." Education and Information Technologies. Vol. 24 No. 3 : 2059–2080.
- TalentLMS. (2020). [online]. What are virtual laboratories and how do they work in eLearning?. [cited 26 Oct. 2020]. Available from : <https://www.talentlms.com/blog/virtual-laboratories-elearning/>
- Thomas, B., et al. (2000). "ARQuake: an outdoor/indoor augmented reality first person application." In Proceedings of the Fourth International Symposium on Wearable Computers (ISWC'00) IEEE.
- Thomas Industry. (2019). [online]. 5 Essential Soft Skills for a Successful Career in Engineering. [cited 30 Oct. 2020]. Available from : <https://www.thomasnet.com/insights/5-essential-soft-skills-for-a-successful-career-in-engineering/>
- The Edvocate. (2016). [online]. 4 BENEFITS OF VIRTUAL LABS. [cited 26 Oct. 2020]. Available from : <https://www.theedadvocate.org/4-benefits-of-virtual-labs/>
- Tuttas, J. and Wagner, B. (2001). Distributed Online Laboratories. International Conference On Engineering Education (ICEE01). Norway.
- Utterback, J.M. (2004). "The dynamics of Innovation". Educause Review. Vol. 39 No. 1 : 42.
- William, R., et al. (2016). [online]. The VR Book Human-Centered Design for Virtual Reality. [cited 19 Sep. 2018]. Available from : bit.ly/2Qztu6G
- Wostl, C. P. et al. (2007). "Social Learning and Water Resources Management." Ecology and Society. Vol.12 No.2 : 5.

- Wu, G. et al. (2019). "Research and Development of Augmented Reality Children's Puzzle Game Based on Vuforia." The 14th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE 2019) : 354-359.
- Yuen, S., Yaoyuneyong, G. and Johnson, E. (2011). "Augmented reality: An overview and five directions for AR in education". Journal of Educational Technology Development and Exchange. Vol.4 No.1 : 119-140.

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญและหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ

**รายนามผู้เชี่ยวชาญขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้
โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม
เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม**

ตารางที่ ก-1 รายนามผู้เชี่ยวชาญการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้
ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่ง / สังกัด / สถาบัน
1	รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย ใจกล้า	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาณิสรา แก้วสวัสดิ์	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ และ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย ราชภัฏเพชรบุรี
3	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไชยยันต์ ชนะพรมา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ อุตรดิตถ์
4	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา กุดแถลง	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรม เครื่องมือวัดและอิเล็กทรอนิกส์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5	ดร.ชัยรัตน์ อุปถัมภ์เกื้อกุล	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
6	ดร.ธนวุฒิ ตันติโสภารักษ์	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่ง / สังกัด / สถาบัน
7	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา หินอ่อน	ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
8	ดร.ปิยะวดี พงษ์สวัสดิ์	อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ หมู่บ้านจอมบึง
9	ดร.นาวัน คงรักษา	อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีดิจิทัล มีเดียคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

**รายนามผู้เชี่ยวชาญขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม
และวัตถุประสงค์ของเครื่องมือวิจัย**

ตารางที่ ก-2 รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์
ของเครื่องมือวิจัย

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่ง / สังกัด / สถาบัน
1	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไชยยันต์ ชนะพรมมา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ อุดรดิตถ์
2	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา กุดแสง	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรม เครื่องมือวัดและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
3	ดร.ชัยรัตน์ อุปถัมภ์เกื้อกุล	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
4	ดร.ธนวุฒิ ตันติโสภารักษ์	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
5	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา หินอ่อน	ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

**รายนามผู้เชี่ยวชาญขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพห้องปฏิบัติการเสมือน
ผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม**

ตารางที่ ก-3 รายนามผู้เชี่ยวชาญขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพห้องปฏิบัติการเสมือนผสม
ความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่ง / สังกัด / สถาบัน
1	รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรม วิศวกรรม คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
2	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา หินอ่อน	ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
3	ดร.ธนวุฒิ ตันติโสภารักษ์	อาจารย์ประจำภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
4	ดร.ปิยะวุฒิ พงษ์สวัสดิ์	อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ หมู่บ้านจอมบึง
5	ดร.นาวัน คงรักษา	อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีดิจิทัล มีเดียคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

**รายนามผู้ทรงคุณวุฒิขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิประเมินรับรองรูปแบบการเรียนรู้
โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม
เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม**

ตารางที่ ก-4 รายนามผู้ทรงคุณวุฒิประเมินรับรองรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้
ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่ง / สังกัด / สถาบัน
1	รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิคม ฤกษ์บุตร	อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
2	รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3	รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย ใจกล้า	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไชยยันต์ ชนะพรมมา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ อุตรดิตถ์
5	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา กุดแสง	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรม เครื่องมือวัดและอิเล็กทรอนิกส์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
6	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เรืองศิริ	อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี จิตรลดา

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่ง / สังกัด / สถาบัน
7	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เอกบดินทร์ กลิ่นเกษร	อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
8	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ชูจิตารมย์	อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อาร์ต คณะดิจิทัลอาร์ต มหาวิทยาลัยรังสิต
9	ดร.ธนวุฒิ ตันติโสภารักษ์	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ที่ อว ๗๑๐๔/๒๕๖๔



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
๑๕๑๘ ถนนประชากรราษฎร์ ๑ แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ ๑๐๘๐๐

๑๒ มิถุนายน ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ด้วย นางสาววรรณวิศา วัฒนสินธุ์ นักศึกษาหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม” โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินันท์ ธีตรวัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.ฟิลลิก ทิริยะสุรวงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย โดยนักศึกษาขอติดต่อประสานงานในรายละเอียดโดยตรงด้วยตนเอง ทั้งนี้จะนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเพื่อให้ได้เครื่องมือเพื่อการวิจัยที่เหมาะสม สำหรับประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรย์ แสนราษ)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ศูนย์บูรณาการวิชาชีพครุศาสตร์อุตสาหกรรม

โทรศัพท์ ๐ ๒๕๕๕ ๒๐๐๐ ต่อ ๓๒๓๒

ที่ อว ๗๑๐๔/๒๕๖๒



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
๑๕๑๘ ถนนประชากรราษฎร์ ๑ แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ ๑๐๘๐๐

๑๒ มิถุนายน ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานิศา แก้วสวัสดิ์
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ด้วย นางสาววรรณวิศา วัฒนสินธุ์ นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม" โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินันทา ฉัตรวัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.พัลลภ พิริยะสุรวงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย โดยนักศึกษาขอติดต่อประสานงานในรายละเอียดโดยตรงด้วยตนเอง ทั้งนี้จะนำข้อมูลที่ได้นำมาพัฒนาเพื่อให้ได้เครื่องมือเพื่อการวิจัยที่เหมาะสม สำหรับประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรย์ แสงราช)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ศูนย์บูรณาการวิชาชีพครุศาสตร์อุตสาหกรรม

โทรศัพท์ ๐ ๒๕๕๕ ๒๐๐๐ ต่อ ๓๒๗๒

ที่ อว ๗๑๐๔/๒๕๖๒



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
๑๕๑๘ ถนนประชากรราษฎร์ ๑ แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ ๑๐๘๐๐

๑๒ มิถุนายน ๒๕๖๒

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไชยยันต์ ชนะพรมา อาจารย์ประจำสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ด้วย นางสาววรรณวิศา วัฒนสินธุ์ นักศึกษาหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม” โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินันท์ ธีตรวัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.พัลลภ พิริยะสุรวงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย โดยนักศึกษาขอติดต่อประสานงานในรายละเอียดโดยตรงด้วยตนเอง ทั้งนี้จะนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเพื่อให้ได้เครื่องมือเพื่อการวิจัยที่เหมาะสม สำหรับประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จริญ แสนราช)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ศูนย์บูรณาการวิชาชีพครุศาสตร์อุตสาหกรรม
โทรศัพท์ ๐ ๒๕๕๕ ๒๐๐๐ ต่อ ๓๒๗๒

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



**แบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน
ผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม**

- ชื่อหัวข้อ** รูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม
- ผู้วิจัย** : นางสาววรรณวิศา วัฒนสินธุ์
 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินันทา ฉัตรวัฒนา
 : รองศาสตราจารย์ ดร.พัลลภ พิริยะสุรวงศ์
- จุดมุ่งหมาย** : เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น
- วัตถุประสงค์**
1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม
 2. เพื่อประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

**แบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน
ผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม**

ชื่อผู้ประเมินรูปแบบ _____

ตำแหน่ง _____

สถานที่ทำงาน _____

คำชี้แจง

การประเมินความเหมาะสมเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม ประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ โดยท่านสามารถพิจารณารายละเอียดของรูปแบบการเรียนรู้ได้จากรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งมาพร้อมกันนี้

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดของท่าน โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

- | | | |
|---|---------|--------------------------|
| 5 | หมายถึง | เหมาะสมในระดับมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง | เหมาะสมในระดับมาก |
| 3 | หมายถึง | เหมาะสมในระดับปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | เหมาะสมในระดับน้อย |
| 1 | หมายถึง | เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด |

สิ่งที่แนบมาด้วย

1. เนื้อหารายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม
2. แบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เกี่ยวกับรายละเอียดของรูปแบบ

องค์ประกอบของรูปแบบ		ระดับความเหมาะสม					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
3. การประเมินผล							
	3.1 ทักษะวิศวกรรม						
	3.2 นวัตกรรม						
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับองค์ประกอบ การประเมินผล							
4. ข้อมูลป้อนกลับ							
	4.1 ผลการประเมินทักษะวิศวกรรม						
	4.2 ผลการประเมินนวัตกรรม						
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับองค์ประกอบ ข้อมูลป้อนกลับ							
รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมในระดับใด							
ขั้นตอนและกิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมในระดับใด							
ในภาพรวม รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม ที่พัฒนาขึ้น มีความเป็นไปได้ในการนำไปทดลองใช้ในระดับใด							

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สำหรับรูปแบบการเรียนรู้โครงการเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน
ผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้

อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างมาก

นางสาววรรณวิศา วัฒนสินธุ์ ผู้วิจัย โทรศัพท์. 086-8629407

E-mail. w.wattanasin@gmail.com

แบบประเมินทักษะวิศวกรรม

รายการประเมิน	ระดับพฤติกรรม			
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 0
1. การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา				
1.1 หัวข้อ/ประเด็น ปัญหาที่ต้องการ ศึกษา	แสดงให้เห็นถึงการ รวบรวมข้อมูล และ แนวคิดที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาได้ ครบถ้วนสมบูรณ์	แสดงให้เห็นถึง การรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับ ปัญหาได้ครบถ้วน	แสดงให้เห็นถึงการ รวบรวมข้อมูล และ แนวคิดที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาได้ บางส่วน	ไม่มีการรวบรวม ข้อมูล และแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับปัญหา
1.2 ความแปลก ใหม่ของหัวข้อ/ ประเด็นปัญหาที่ ต้องการศึกษา	เกิดจากแนวคิด แปลกใหม่ ไม่เคยมี ปรากฏ มาก่อน	เป็นการพัฒนาต่อ ยอดจากแนวคิด เดิม	มีการปรับปรุงจาก แนวคิดเดิมและ นำมาพัฒนาใหม่	ไม่มีความแปลกใหม่
1.3 การค้นหา ข้อมูลเกี่ยวกับ วิธีการแก้ปัญหา	มีความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับวงจรที่ เลือกใช้แก้ปัญหา โครงการในระดับดี มาก	มีความรู้ความ เข้าใจเกี่ยวกับ วงจรที่เลือกใช้ แก้ปัญหาโครงการ ในระดับดี	มีความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับวงจรที่ เลือกใช้แก้ปัญหา โครงการบางส่วน	ไม่มีความรู้ความ เข้าใจเกี่ยวกับวงจรที่ เลือกใช้แก้ปัญหา โครงการ
2. การกำหนดโครงการ				
2.1 ชื่อเรื่อง ความ สอดคล้องของความเป็นมาและ ความสำคัญของ โครงการ	ชื่อเรื่องบ่งบอกถึง เนื้อหา แสดงถึง จุดประสงค์และมี ความสอดคล้องกัน ทุกส่วน	ชื่อเรื่องบ่งบอกถึง เนื้อหา แสดงถึง จุดประสงค์และมี ความสอดคล้องกัน กันเป็นส่วนใหญ่	ชื่อเรื่องบ่งบอกถึง เนื้อหา แสดงถึง จุดประสงค์ได้บ้าง และมีความ สอดคล้องกันเป็น บางส่วน	ชื่อเรื่องไม่บ่งบอกถึง เนื้อหาและ จุดประสงค์และไม่มี ความสอดคล้องกัน
2.2 หลักการ เหตุผล และผลงาน ที่มีมาก่อน	แสดงให้เห็นถึง หลักการ เหตุผล และผลงานที่มีมา ก่อนในระดับดีมาก	แสดงให้เห็นถึง หลักการ เหตุผล และผลงานที่มีมา ก่อนในระดับดี	แสดงให้เห็นถึง หลักการ เหตุผล และผลงานที่มีมา ก่อนในระดับพอใช้	ไม่แสดงให้เห็นถึง หลักการ เหตุผล และผลงานที่มีมา ก่อน
2.3 วัตถุประสงค์	วัตถุประสงค์ของ โครงการสามารถชี้ สิ่งที่จะศึกษาวิจัยได้ ทั้งหมด	วัตถุประสงค์ของ โครงการสามารถชี้ สิ่งที่จะศึกษาวิจัย ได้เป็นส่วนใหญ่	วัตถุประสงค์ของ โครงการสามารถชี้ สิ่งที่จะศึกษาวิจัยได้ เพียงบางส่วน	วัตถุประสงค์ของ โครงการไม่สามารถชี้ สิ่งที่จะศึกษาวิจัยได้

รายการประเมิน	ระดับพฤติกรรม			
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 0
3. การออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหา				
3.1 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	แสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการทำโครงงานและมีการสร้างนวัตกรรมหรือองค์ความรู้ใหม่ๆ ขึ้น	แสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการทำโครงงานได้ระดับดี	แสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการทำโครงงานได้ระดับพอใช้	ไม่มี ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการทำโครงงาน
3.2 ความสามารถในการออกแบบ	การออกแบบสามารถตอบสนองต่อปัญหาที่กำหนดขึ้นได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ	การออกแบบสามารถตอบสนองต่อปัญหาที่กำหนดขึ้นได้ระดับดี	การออกแบบสามารถตอบสนองต่อปัญหาที่กำหนดขึ้นได้ระดับพอใช้	ไม่มี ความสามารถในการออกแบบที่ตอบสนองต่อปัญหาที่กำหนดขึ้นได้
3.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา	แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาในการทำโครงงานได้ระดับดีมาก	แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาในการทำโครงงานได้ระดับดี	แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาในการทำโครงงานได้ระดับพอใช้	ไม่มี ความสามารถในการแก้ปัญหาในการทำโครงงาน
4. การดำเนินการ ประยุกต์ หรือ แก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วง				
4.1 การสื่อสารการคิด	สามารถสื่อสารความคิดของตนเองให้กับผู้อื่นได้เกิดการรับรู้และเข้าใจได้ดี	สามารถสื่อสารความคิดของตนเองให้กับผู้อื่นได้เกิดการรับรู้และเข้าใจได้เกือบทุกครั้ง	สามารถสื่อสารความคิดของตนเองให้กับผู้อื่นได้รับรู้และเกิดความเข้าใจในบางครั้ง	ไม่สามารถสื่อสารความคิดของตนเองให้กับผู้อื่นได้เกิดการรับรู้และเข้าใจได้
4.2 การทำงานเป็นทีม	ทำงานร่วมกับบุคคลอื่นด้วยความร่วมมือ รับฟังความคิดเห็น และสนับสนุนการทำงานร่วมกับผู้อื่นทุกครั้ง	ทำงานร่วมกับบุคคลอื่นด้วยความร่วมมือ รับฟังความคิดเห็น และสนับสนุนการทำงานร่วมกับผู้อื่นบางครั้ง	ทำงานร่วมกับบุคคลอื่นด้วยความร่วมมือบางครั้ง ไม่ค่อยรับฟังความคิดเห็น และสนับสนุนการทำงานร่วมกับผู้อื่น	ไม่มีความร่วมมือ รับฟังความคิดเห็น และไม่เคยสนับสนุนการทำงานร่วมกับผู้อื่น

รายการประเมิน	ระดับพฤติกรรม			
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 0
4.3 การปรับปรุงและ แก้ไขผลงาน	มีการปรับปรุงและแก้ไขผลงานตามคำแนะนำของผู้อื่นได้ครบถ้วนสมบูรณ์	มีการปรับปรุงและแก้ไขผลงานตามคำแนะนำของผู้อื่นได้ครบถ้วน	มีการปรับปรุงและแก้ไขผลงานตามคำแนะนำของผู้อื่นได้บางส่วน	ไม่มีการปรับปรุงและแก้ไขผลงานตามคำแนะนำของผู้อื่น
5. การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม				
5.1 การใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม	แสดงให้เห็นถึงการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการสร้างผลงานนวัตกรรมได้ครบถ้วนสมบูรณ์	แสดงให้เห็นถึงการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการสร้างผลงานนวัตกรรมได้ครบถ้วน	แสดงให้เห็นถึงการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการสร้างผลงานนวัตกรรมได้บางส่วน	ไม่มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการสร้างผลงานนวัตกรรม
5.2 การนำไปใช้ในชีวิตประจำวันนำไปใช้ได้จริง	ผลงานนวัตกรรมสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันนำไปใช้ได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ	ผลงานนวัตกรรมสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันนำไปใช้ได้จริง	ผลงานนวัตกรรมสามารถนำไปปรับปรุง พัฒนาเพื่อใช้ใน ชีวิตประจำวันนำไปใช้ได้จริง	ไม่สามารถนำผลงานนวัตกรรมไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน ได้จริง
5.3 รูปแบบและวิธีการนำเสนอ	รูปแบบการนำเสนอเหมาะสมถูกต้อง เข้าใจง่ายและดึงดูดความสนใจได้ทั้งหมด	รูปแบบการนำเสนอเหมาะสม ถูกต้อง เข้าใจง่าย และดึงดูดความสนใจได้เป็นส่วนใหญ่	รูปแบบการนำเสนอเหมาะสมถูกต้อง เข้าใจง่ายและดึงดูดความสนใจได้บางส่วน	รูปแบบการนำเสนอ ไม่เหมาะสมถูกต้อง เข้าใจยากและไม่ น่าสนใจ
5.4 การตอบข้อซักถาม	ตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับงานที่ทำได้ถูกต้องชัดเจนตลอดการนำเสนอ	ตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับงานที่ทำได้ถูกต้องชัดเจนเป็นส่วนใหญ่	ตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับงานที่ทำได้บ้าง	ไม่สามารถตอบคำถามได้เลย

แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินทักษะวิศวกรรม

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ-นามสกุล

ตำแหน่งงาน

สถานที่ทำงาน

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ให้ผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

-1 หมายถึง ไม่เห็นด้วย

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

+1 หมายถึง เห็นด้วย

รายการ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	-1	0	+1	
1. การคิดวิเคราะห์และชี้ปัญหา				
1.1 หัวข้อ/ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา				
1.2 ความแปลกใหม่ของหัวข้อ/ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา				
1.3 การค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา				
2. การกำหนดโครงการงาน				
2.1 ชื่อเรื่อง ความสอดคล้องของความเป็นมาและความสำคัญของโครงการงาน				
2.2 หลักการ เหตุผล และผลงานที่มีมาก่อน				
2.3 วัตถุประสงค์				
3. การออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหา				
3.1 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์				
3.2 ความสามารถด้านการออกแบบ				
3.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา				

รายการ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	-1	0	+1	
4. การดำเนินการ ประยุกต์ หรือ แก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วง				
4.1 การสื่อสาร การคิด				
4.2 การทำงานเป็นทีม				
4.3 การปรับปรุงและ แก้ไขผลงาน				
5. การพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม				
5.1 การใช้กระบวนการ ออกแบบทาง วิศวกรรม				
5.2 การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน นำไปใช้ได้จริง				
5.3 รูปแบบและวิธีการนำเสนอ				
5.4 การตอบข้อซักถาม				

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
()

แบบประเมินนวัตกรรม

รายการประเมิน	ระดับพฤติกรรม			
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 0
1. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	คิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งที่เป็นประโยชน์รอบด้าน ทั้งต่อตนเอง และผู้อื่น สิ่งแวดล้อม สังคม	คิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งที่เป็นประโยชน์ ทั้งต่อตนเอง และผู้อื่น สิ่งแวดล้อม	คิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งที่เป็นประโยชน์ ทั้งต่อตนเอง และผู้อื่น	ไม่มีคิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งที่เป็นประโยชน์
2. ความแปลกใหม่ของนวัตกรรม	เกิดจากแนวคิดแปลกใหม่ ไม่เคยมีปรากฏมาก่อน	มีการปรับปรุงจากแนวคิดเดิมและนำมาพัฒนาใหม่	เป็นการพัฒนาต่อยอดจากแนวคิดเดิม	ไม่มีความแปลกใหม่ของนวัตกรรม
3. การใช้เทคนิควิธีการคิดที่หลากหลาย	มีเทคนิค วิธีการคิดอย่างหลากหลาย มีความคิดที่แปลกใหม่แตกต่าง นอกกรอบ	มีเทคนิค วิธีการคิดอย่างหลากหลาย มีความคิดที่แปลกใหม่	มีเทคนิค วิธีการคิดที่คิดขึ้นเอง และนำของผู้อื่นมาดัดแปลงบ้าง แต่ยังไม่แปลกใหม่	ไม่มีเทคนิควิธีการคิดที่แปลกใหม่ นำความคิดของผู้อื่นมาเป็นของตนเอง
4. ความสวยงาม ความประณีต และความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน	ผลงานมีความสวยงามและความประณีต และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากที่สุด	ผลงานมีความสวยงาม และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน	ผลงานไม่มีความสวยงาม แต่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน	ผลงานไม่มีความสวยงาม และไม่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน
5. การสร้างผลงานนวัตกรรม	สามารถพัฒนา และสร้างผลงานนวัตกรรมได้ตามที่ออกแบบไว้ และครบถ้วน เป็นอย่างดี	สามารถพัฒนา และสร้างผลงานนวัตกรรมได้ตามที่ออกแบบไว้	สามารถพัฒนา และสร้างผลงานนวัตกรรมได้เกือบทุกส่วนตามที่ออกแบบไว้	ไม่สามารถพัฒนา และสร้างผลงานนวัตกรรมได้
6. คุณภาพ และการนำไปใช้ประโยชน์	ผลงานที่ได้มีคุณภาพสมบูรณ์ สามารถใช้ประโยชน์เชิงเศรษฐกิจ และขยายผลสร้างมูลค่าเพิ่มได้	ผลงานที่ได้มีคุณภาพสมบูรณ์ สามารถใช้ประโยชน์เชิงเศรษฐกิจ	ผลงานที่ได้ยังไม่สมบูรณ์ ถ้าได้รับการปรับปรุงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้	ผลงานที่ได้ไม่สมบูรณ์นำไปใช้ประโยชน์ได้

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 0 – 4.50 หมายถึง ไม่มีความเป็นนวัตกรรม

คะแนน 4.60 – 9.00 หมายถึง ความเป็นนวัตกรรมอยู่ในระดับน้อย

คะแนน 9.10 – 13.50 หมายถึง ความเป็นนวัตกรรมอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนน 13.60 – 18.00 หมายถึง ความเป็นนวัตกรรมอยู่ในระดับมาก

แบบบันทึกการประเมินวัตรกรรมรายกลุ่ม

กลุ่ม	ชื่อ-นามสกุล	รายการประเมิน				รวม
		1	2	3	4	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินนวัตกรรม

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ-นามสกุล

ตำแหน่งงาน

สถานที่ทำงาน

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ให้ผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ
- +1 หมายถึง เห็นด้วย

รายการ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	-1	0	+1	
1. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์				
2. ความแปลกใหม่ ของนวัตกรรม				
3. การใช้เทคนิควิธีการคิดที่หลากหลาย				
4. ความสวยงาม ความประณีต และความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน				
5. การสร้างผลงานนวัตกรรม				
6. คุณภาพ และการนำไปใช้ประโยชน์				

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
()



แบบประเมินด้านเนื้อหา

ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม (สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา)

คำชี้แจง

1. แบบประเมินด้านเนื้อหา ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาเกี่ยวกับประเมินระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรมเพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 ระดับการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินนี้มี 5 มีความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มาก

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง น้อย

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

ผู้รับการประเมิน

นางสาววรรณวิศา วัฒนสินธุ์

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ-นามสกุล

ตำแหน่งงาน

สถานที่ทำงาน

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาของระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการ
 เสมือนผลสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่
 ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ประเด็นการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 เนื้อหา มีระดับความยากง่ายเหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียน					
1.2 เนื้อหาที่นำเสนอตรงและครอบคลุมตาม วัตถุประสงค์					
1.3 เนื้อหา มีความถูกต้อง ชัดเจนตามหลักวิชา					
1.4 เนื้อหา มีความทันสมัยเหมาะสำหรับการนำไปใช้ได้ จริง					
1.5 การจัดลำดับของเนื้อหา มีความสอดคล้องในแต่ละ หน่วยการเรียนรู้					
1.6 ปริมาณของเนื้อหาเหมาะสมกับบทเรียน					
1.7 เนื้อหา มีความน่าเชื่อถืออ้างอิงแหล่งที่มา					
1.8 ตัวอย่างมีความสอดคล้องกับเนื้อหา					
1.9 ภาพรวมขององค์ประกอบด้านเนื้อหา มีความ สมบูรณ์ ครอบคลุมความต้องการ					
2. ด้านภาษาและภาพประกอบ					
2.1 ใช้ภาษาถูกต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					
2.2 สื่อความหมายได้ชัดเจนเหมาะสมกับผู้เรียน					
2.3 ใช้ภาษาถูกต้องทั้งตัวสะกดและไวยากรณ์					
2.4 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย					
2.5 ความสัมพันธ์ของภาพและเนื้อหาที่นำเสนอมีความ สอดคล้องกัน					
2.6 ความถูกต้องของรูปภาพตามเนื้อหา					

ประเด็นการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
2.7 จำนวนภาพประกอบเหมาะสมกับเนื้อหา					
2.8 ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งภาพ					
3. ด้านตัวอักษรและสี					
3.1 รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอภาพรวม					
3.2 ขนาดของอักษรที่ใช้ในการนำเสนอโดยภาพรวม					
3.3 สีของตัวอักษรโดยภาพรวม					
3.4 สีของพื้นหลังบทเรียนโดยภาพรวม					
3.5 ความเหมาะสมระหว่างตัวอักษรและสีพื้นหลัง					
4. ความเหมาะสมด้านเนื้อหาเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม					
4.1 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการ การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา					
4.2 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการ การกำหนดโครงงาน					
4.3 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการ ออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหา					
4.4 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการ การดำเนินการ ประยุกต์ หรือ แก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วง					
4.5 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึก การทำงานร่วมกัน					
4.6 เนื้อหาและกิจกรรมมีความเหมาะสมกับเครื่องมือ การจัดการเรียนรู้					
4.7 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้					
4.8 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมแนวทางการ พัฒนานวัตกรรม					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการ
เสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนา
ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)

คำชี้แจง

1. แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เกี่ยวกับประเมินระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 ระดับการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินนี้มี 5 มีความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มาก

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง น้อย

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

ผู้รับการประเมิน

นางสาววรรณวิศา วัฒนสินธุ์

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ-นามสกุล

ตำแหน่งงาน

สถานที่ทำงาน

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อเกี่ยวกับระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ประเด็นการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
1. รูปแบบสื่อและการนำเสนอ					
1.1 เอกสารมีความน่าสนใจ					
1.2 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้เป็นตัว marker					
1.3 ความเหมาะสมของรูปแบบและวิธีการนำเสนอ					
1.4 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของแต่ละหัวข้อ					
1.5 การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสื่อกับผู้เรียน					
2. ด้านรูปภาพประกอบสื่อ					
2.1 คุณภาพของรูปภาพที่ใช้มีความคมชัด					
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพและคำอธิบาย					
2.3 ความเหมาะสมของรูปภาพที่ใช้ในสื่อการเรียนรู้					
2.4 ความเหมาะสมของสีใช้ในสื่อการเรียนรู้					
3. ด้านตัวอักษรประกอบสื่อ					
3.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
3.2 ความชัดเจนของตัวอักษร					
3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
4. ด้านวิดีโอประกอบสื่อ					
4.1 วิดีโอสอดคล้องกับเนื้อหา					
4.2 วิดีโอมีขนาดเหมาะสม					
4.3 วิดีโอมีความคมชัดเหมาะสม					
4.4 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย					

ประเด็นการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
5. ด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน					
5.1 การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนส่งเสริมการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม					
5.2 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนควบคุมลำดับการเรียนรู้ที่เหมาะสม					
5.3 การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะวิศวกรรม					
5.4 มีการป้อนกลับ (Feedback) เพื่อเสริมแรงอย่างเหมาะสม					
6. ด้านการออกแบบระบบการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม					
6.1 ระบบส่งเสริมการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม					
6.2 ระบบมีความสอดคล้องกับห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม					
6.3 ระบบส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะวิศวกรรม					
6.4 ระบบช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการพัฒนานวัตกรรม					
6.5 ภาพรวมของระบบที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบด้านการเรียนรู้ครอบคลุมความต้องการของผู้เรียน					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินด้านเนื้อหา
ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนา
ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ-นามสกุล

ตำแหน่งงาน

สถานที่ทำงาน

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ให้ผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

-1 หมายถึง ไม่เห็นด้วย

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

+1 หมายถึง เห็นด้วย

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	-1	0	+1	
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ				
1.1 เนื้อหาีระดับความยากง่ายเหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียน				
1.2 เนื้อหาที่นำเสนอตรงและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์				
1.3 เนื้อหาีความถูกต้อง ชัดเจนตามหลักวิชา				
1.4 เนื้อหาีความทันสมัยเหมาะสำหรับการนำไปใช้ได้จริง				
1.5 การจัดลำดับของเนื้อหาีความสอดคล้องในแต่ละ หน่วยการเรียนรู้				
1.6 ปริมาณของเนื้อหาเหมาะสมกับบทเรียน				
1.7 เนื้อหาีความน่าเชื่อถืออ้างอิงแหล่งที่มา				
1.8 ตัวอย่างมีความสอดคล้องกับเนื้อหา				
1.9 ภาพรวมขององค์ประกอบด้านเนื้อหา ีความสมบูรณ์ ครอบคลุมความต้องการ				
2. ด้านภาษาและภาพประกอบ				
2.1 ใช้ภาษาถูกต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน				

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	-1	0	+1	
2.2 สื่อความหมายได้ชัดเจนเหมาะสมกับผู้เรียน				
2.3 ใช้ภาษาถูกต้องทั้งตัวสะกดและไวยากรณ์				
2.4 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย				
2.5 ความสัมพันธ์ของภาพและเนื้อหาที่น่าสนใจมีความสอดคล้องกัน				
2.6 ความถูกต้องของรูปภาพตามเนื้อหา				
2.7 จำนวนภาพประกอบเหมาะสมกับเนื้อหา				
2.8 ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งภาพ				
3. ด้านตัวอักษรและสี				
3.1 รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอภาพรวม				
3.2 ขนาดของอักษรที่ใช้ในการนำเสนอโดยภาพรวม				
3.3 สีของตัวอักษรโดยภาพรวม				
3.4 สีของพื้นหลังบทเรียนโดยภาพรวม				
3.5 ความเหมาะสมระหว่างตัวอักษรและสีพื้นหลัง				
4. ความเหมาะสมด้านเนื้อหาเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม				
4.1 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา				
4.2 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการการกำหนดโครงงาน				
4.3 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการออกแบบและหาแนวทางแก้ไขปัญหา				
4.4 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการการดำเนินการ ประยุกต์ หรือ แก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วง				
4.5 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกการทำงานร่วมกัน				

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	-1	0	+1	
4.6 เนื้อหาและกิจกรรมมีความเหมาะสมกับเครื่องมือการจัดการเรียนรู้				
4.7 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้				
4.8 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมแนวทางการพัฒนานวัตกรรม				

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

()

**แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
ระบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนา
ทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม**

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ-นามสกุล

ตำแหน่งงาน

สถานที่ทำงาน

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ให้ผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ
- +1 หมายถึง เห็นด้วย

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	-1	0	+1	
1. รูปแบบสื่อและการนำเสนอ				
1.1 เอกสารมีความน่าสนใจ				
1.2 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้เป็นตัว marker				
1.3 ความเหมาะสมของรูปแบบและวิธีการนำเสนอ				
1.4 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของแต่ละหัวข้อ				
6.3.3 1.5 การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสื่อกับผู้เรียน				
2. ด้านรูปภาพประกอบสื่อ				
2.1 คุณภาพของรูปภาพที่ใช้มีความคมชัด				
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพและคำอธิบาย				
2.3 ความเหมาะสมของรูปภาพที่ใช้ในสื่อการเรียนรู้				
2.4 ความเหมาะสมของสีใช้ในสื่อการเรียนรู้				
3. ด้านตัวอักษรประกอบสื่อ				
3.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร				

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	-1	0	+1	
3.2 ความชัดเจนของตัวอักษร				
3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร				
4. ด้านวิดีโอประกอบสื่อ				
4.1 วิดีโอสอดคล้องกับเนื้อหา				
4.2 วิดีโอมีขนาดเหมาะสม				
4.3 วิดีโอมีความคมชัดเหมาะสม				
4.4 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย				
5. ด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้การสอน				
5.1 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้การสอนส่งเสริมการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม				
5.2 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนควบคุมลำดับการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม				
5.3 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้การสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะวิศวกรรม				
5.4 มีการป้อนกลับ (Feedback) เพื่อเสริมแรงอย่างเหมาะสม				
6. ด้านการออกแบบระบบการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม				
6.1 ระบบส่งเสริมการเรียนรู้แบบโครงงานเชิงวิศวกรรม				
6.2 ระบบมีความสอดคล้องกับห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริม				
6.3 ระบบส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะวิศวกรรม				
6.4 ระบบช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการพัฒนานวัตกรรม				
6.5 ภาพรวมของระบบที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบด้านการเรียนรู้ครอบคลุมความต้องการของผู้เรียน				

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
()

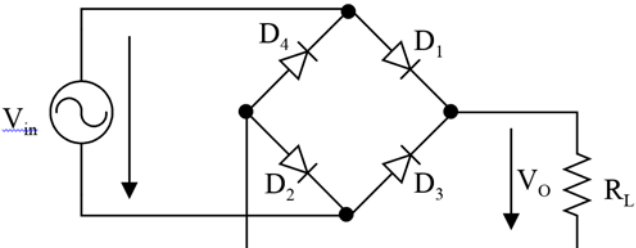
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกเพียงคำตอบเดียว

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และเซ็นเซอร์	
นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และเซ็นเซอร์ได้	1. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในข้อใดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำและยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันได้ทิศทางเดียว ก. สวิตช์ ข. ไดโอด ค. ตัวต้านทาน ง. ตัวเก็บประจุ
	2. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามข้อใดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน และใช้ขยายสัญญาณไฟฟ้าในวงจร ก. ไดโอด ข. หม้อแปลง ค. ทรานซิสเตอร์ ง. แผงวงจรพิมพ์
	3. อิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำจะเคลื่อนที่ไปได้ด้วยสาเหตุใด ก. ได้รับความร้อน ข. ได้รับแสงสว่าง ค. ได้รับความเย็น ง. ข้อ ก. และข้อ ข. ถูก
	4. การไบแอสตรง ให้กับไดโอด หมายถึงข้อใด ก. ให้แรงดัน + กับขั้ว A และแรงดัน - กับขั้ว K ข. ให้แรงดัน - กับขั้ว A และแรงดัน + กับขั้ว K ค. ให้แรงดัน + กับขั้ว K และแรงดัน - กับขั้ว A ง. ให้แรงดัน + กับขั้ว P และแรงดัน - กับขั้ว N
	5. คุณสมบัติในข้อใดที่ โฟโตไดโอด เหนือกว่า แอล ดีอาร์ ก. มีความไวต่อแสงมากกว่า ข. มีความไวต่อกระแสไฟฟ้ามากกว่า ค. มีราคาต่ำกว่า ง. มีกินไฟฟ้ากระแสมากกว่า

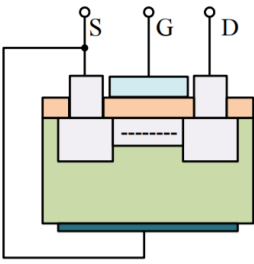
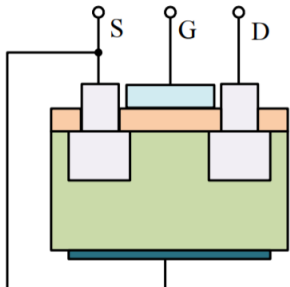
วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ข้อสอบ
นักศึกษาสามารถบอกการ ประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ สารกึ่งตัวนำ และเซ็นเซอร์ ได้	6. ซีเนอร์ไดโอดนิยมนำมาใช้ในวงจรใด ก. วงจรเรียงกระแส ข. โวลเทจเรกูเลเตอร์ ค. วงจรทวีแรงดัน ง. วงจรกรองสัญญาณ
	7. อุปกรณ์ข้อใดใช้เป็นเซ็นเซอร์แสงไม่ได้ ก. LDR ข. Solar Cell ค. LED ง. Photo diode
	8. อุปกรณ์ข้อใดใช้เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ ก. LDR ข. Photo diode ค. LED ง. RTD
	9. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในข้อใดทำหน้าที่รวมเอาชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบเป็นวงจรเพื่อนำไปใช้งานตามต้องการ ก. วงจรรวม ข. ตัวเก็บประจุ ค. แผงวงจรพิมพ์ ง. แผงทดลองวงจร
	10. กล้องถ่ายรูประบบดิจิทัลเป็นการใช้ประโยชน์ของซิลิคอนชิปในเรื่องใด ก. ใช้สำหรับการบันทึกข้อมูล ข. ใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลและสั่งงาน ค. ใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลและประมวลผล ง. ใช้สำหรับการบันทึกข้อมูล สั่งงาน และประมวลผล
คุณลักษณะไดโอด และวงจรเรียงสัญญาณ	
นักศึกษาสามารถอธิบาย คุณสมบัติพื้นฐานการ ตอบสนองไฟตรงของ ไดโอดได้	11. จากกราฟแสดงคุณสมบัติของไดโอดในการจ่ายแรงดันไบอัสตรงให้ไดโอดชนิดซิลิคอน นำกระแสจะต้องมีแรงดันตกคร่อมบริเวณรอยต่อของตัวไดโอดมีค่าเท่าใด ก. 0.3 V ข. 1 V ค. 0.7 V ง. 1.3 V

วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ข้อสอบ
	12. จากการตรวจสอบคุณสมบัติของไดโอดโดยใช้มัลติมิเตอร์ปรากฏว่ามีเตอร์แสดงค่า OL หมายความว่าอย่างไร ก. ไดโอดลัดวงจร ข. ไดโอดขาด ค. ไดโอดปกติ ง. ไดโอดเกิดโอเวอร์โหนด
	13. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง ก. การไบอัสไดโอดไปข้างหน้าทำได้โดยต่อขั้วแอโนดเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ ข. การไบอัสไดโอดไปข้างหน้าเป็นการกำหนดให้ขั้ว แคโทดต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ ค. การไบอัสไดโอดไปข้างหน้าเปรียบเสมือนสวิตช์ที่ปิด ง. การไบอัสไดโอดไปข้างหน้าจะไม่สามารถทำให้กระแสไหลผ่านได้
	14. การต่อความต้านทานในวงจรไดโอดเปล่งแสง เพื่อประโยชน์ในข้อใด ก. เพื่อเพิ่มปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแสงจะได้สว่างมากขึ้น ข. เพื่อลดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแสงจะได้สว่างพอเหมาะ ค. เพื่อรักษาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแสงจะได้สว่างมากขึ้น ง. เพื่อเพิ่มและลดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแสงจะได้สว่างพอเหมาะ
นักศึกษาสามารถอธิบาย คุณสมบัติพื้นฐานการ ตอบสนองไฟสลัของ ไดโอดได้	15. ทำไมในครึ่งไซเคิลลบของแรงดันทางด้านป้อนเข้า ที่จ่ายให้กับวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น ไดโอดจึงไม่นำกระแส ก.บริเวณรอยต่อพี-เอ็นของไดโอดแคบลง ข.เกิดแรงดันไบอัสกลับที่ไดโอด ค.เกิดค่าความต้านทานต่ำที่ตัวไดโอด ง.สวิตช์ไดโอดเหมือนสวิตช์ปิดวงจร
	16. แรงดันไบอัสกลับสูงสุด (PIV) คือ แรงดันที่เกิดขึ้นในข้อใด ก.แรงดันไบอัสตรงที่จ่ายให้กับไดโอด ทำให้ไดโอดพัง ข.แรงดันไบอัสกลับที่จ่ายให้กับไดโอด ทำให้ไดโอดนำกระแส ค.แรงดันไบอัสตรงที่จ่ายให้กับไดโอด ทำให้ไดโอดไม่นำกระแส โดยที่ไดโอดไม่พัง ง.แรงดันไบอัสกลับที่จ่ายให้กับไดโอด ทำให้ไดโอดไม่นำกระแส โดยที่ไดโอดไม่พัง
	17. ข้อใดคือการนำไดโอดไปต่อใช้งาน ก.วงจรขลิบสัญญาณ ข.วงจรทวีคูณแรงดัน ค.วงจรเรียงกระแส ง.ถูกทุกข้อ

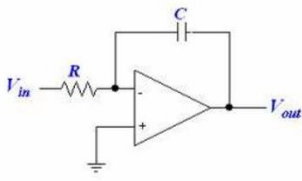
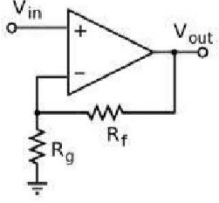
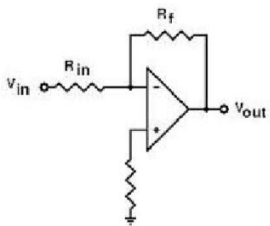
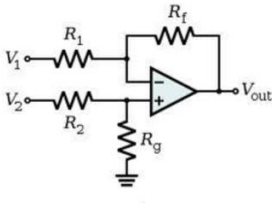
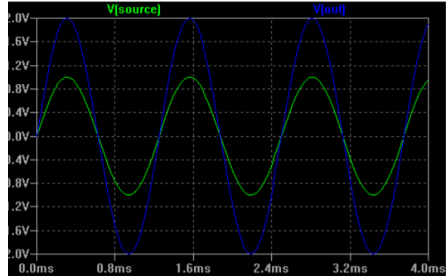
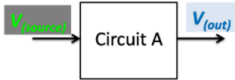
วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ข้อสอบ
นักศึกษาสามารถอธิบาย คุณสมบัติพื้นฐานของวงจร เรียงสัญญาณได้	18. ถ้าในวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ ไดโอด D4 ขาด (Open Circuit) จะส่งผล ต่อแรงดันทางด้านจ่ายออกของวงจรอย่างไร  ก. แรงดันทางด้านจ่ายออกเป็นศูนย์ ข. แรงดันทางด้านจ่ายออกเป็นชนิดเต็มคลื่น ทางด้านลบ ค. แรงดันทางด้านจ่ายออกเป็นชนิดครึ่งคลื่น ทางด้านบวก ง. แรงดันทางด้านจ่ายออกเป็นชนิดครึ่งคลื่น ทางด้านลบ 19. เพราะเหตุใดแรงดันที่ได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น จึงยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ งาน ก. ยังมีระลอกคลื่นปนอยู่ปริมาณสูง ข. มีแรงดันสูง ค. มีความต้านทานมาก ง. เกิดแรงดันตกคร่อมที่โหลด
นักศึกษาสามารถจำลองผล การทำงานวงจรได้	20. ใช้เครื่องมือวัดชนิดใดในการจำลองคุณสมบัติพื้นฐานการตอบสนองไฟตรงของไดโอด ก. มัลติมิเตอร์ ข. วัดค่ามิเตอร์ ค. โอห์มมิเตอร์ ง. ออสซิลโลสโคป 21. ใช้เครื่องมือวัดชนิดใดในการจำลองผลการทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น ก. มัลติมิเตอร์ ข. วัดค่ามิเตอร์ ค. โอห์มมิเตอร์ ง. ออสซิลโลสโคป 22. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามข้อใดที่ใช้วัดค่าของกระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ของ ไฟฟ้าในวงจร ก. ไดโอด ข. แอมมิเตอร์ และโวลต์มิเตอร์ ค. กัลวานอมิเตอร์ และแอมมิเตอร์ ง. แอมมิเตอร์ และโอห์มมิเตอร์

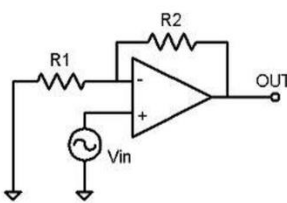
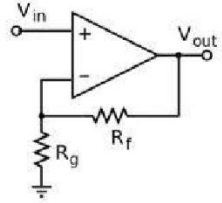
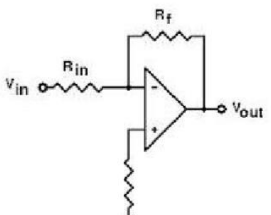
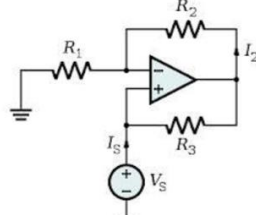
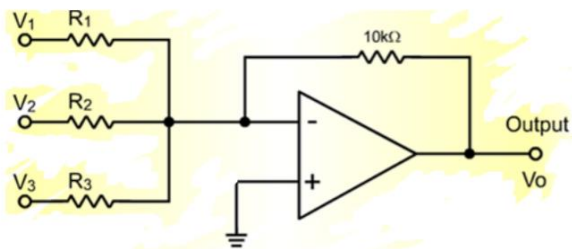
วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ข้อสอบ
คุณลักษณะทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ และวงจรขยาย	
นักศึกษาสามารถอธิบาย คุณสมบัติพื้นฐานของ ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ได้	23. เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงาน เปรียบได้กับสวิตช์ในข้อใด ก. สวิตช์ปิด ข. สวิตช์เปิด ค. สวิตช์ตัดกระแส ง. สวิตช์คลายแรงดัน
	24. ความเพี้ยนของสัญญาณ เกิดขึ้นได้อย่างไร ก. จุดทำงานอยู่ห่างจากจุดอิ่มตัว ข. จุดทำงานอยู่ใกล้จุดคัทออฟ ค. จุดการทำงานอยู่เหนือเส้นโหลดไฟตรง ง. จุดทำงานอยู่บนจุดอิ่มตัว
	25. สมการทิศทางการไหลของกระแส คือข้อใด ก. $IE = IB + IC$ ข. $IB = IC + IE$ ค. $IC = IB + IE$ ง. $IE = IB = IC$
นักศึกษาสามารถอธิบาย ทำงานวงจรไบอัส ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์	26. การไบอัสเบื้องต้นให้ทรานซิสเตอร์ ข้อใดถูกต้อง ก. ไบอัสกลับให้รอยต่ออิมิตอร์กับเบส แลไบอัสตรงรอยต่อคอลเลคเตอร์กับเบส ข. ไบอัสตรงให้รอยต่ออิมิตอร์กับ เบส และไบอัสกลับรอยต่อคอลเล็กเตอร์กับเบส ค. ไบอัสตรงให้รอยต่ออิมิตอร์กับเบสและรอยต่อคอลเล็กเตอร์กับเบส ง. ไบอัสกลับ ให้รอยต่ออิมิตอร์กับ เบสและรอยต่อคอลเล็กเตอร์กับ เบส
	27. แรงดันที่จ่ายไบอัสตรง ให้ TR ทำงานคือข้อใด ก. VAA ข. VBB ค. VCC ง. Vout
	28. จุดคัทออฟทรานซิสเตอร์ หมายถึงข้อใด ก. ทรานซิสเตอร์ขาด ข. ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน ค. ทรานซิสเตอร์ทำงาน ง. ทรานซิสเตอร์เก็บประจุ

วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ข้อสอบ
	29. ข้อใดคืออัตราการขยายกระแสของวงจรคอมมอนคอลเลคเตอร์ ก. แคมม่า ข. เบต้า ค. อัลฟา ง. นาโน
	30. จากกราฟคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์ เมื่อนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานเป็น สวิตช์จะใช้อย่านใด ก. ย่านแอกทีฟ ข. ย่านอิ่มตัวและย่านคัตออฟ ค. ย่านเบรกดาวน์ ง. ย่านคัตออฟ
	31. ทรานซิสเตอร์นิยมใช้ในวงจรอะไร ก. วงจรเรกติไฟล์ ข. วงจรโมดิไฟด์ ค. วงจรแอมปริจูด ง. วงจรแอมพลิไฟล์
นักศึกษาสามารถจำลองผล การทำงานวงจรได้	32. ใช้เครื่องมือวัดชนิดใดในการจำลองคุณสมบัติพื้นฐานของทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ ก. มัลติมิเตอร์ ข. วัตต์มิเตอร์ ค. โอห์มมิเตอร์ ง. ออสซิลโลสโคป
	33. การจำลองผลการทำงานวงจรขยายทรานซิสเตอร์ วัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขาใด ก. ขาคอลเลคเตอร์ ข. ขาอีมิเตอร์ ค. ขาเกต ง. ขาเดรน

วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ข้อสอบ
คุณลักษณะ วจรไบอัสและวงจรขยายมอสทรานซิสเตอร์	
นักศึกษาสามารถอธิบาย คุณสมบัติพื้นฐานของ มอสทรานซิสเตอร์ได้	34. จากรูปเป็นโครงสร้างของมอสเฟตแบบใด  ก. D-MOSFETชนิด N-Channel ข. D-MOSFETชนิด P-Channel ค. E-MOSFETชนิด N-Channel ง. E-MOSFET ชนิด P-Channel
	35. จากรูปเป็นโครงสร้างของมอสเฟตแบบใด  ก. D-MOSFETชนิด N-Channel ข. D-MOSFETชนิด P-Channel ค. E-MOSFETชนิด N-Channel ง. E-MOSFET ชนิด P-Channel
	36. ค่ากระแส I_{DSS} ในกราฟคุณสมบัติของ D-MOSFET คืออะไร ก. กระแสที่ไหลระหว่างขา D และขา S เมื่อ V_{GS} เป็น 0 V ข. กระแสอิมิต์ที่ไหลระหว่างขา D และขา S เมื่อ V_{GS} เป็น 0 V ค. กระแสไบอัสที่จ่ายที่ทำให้เกิดกระแสไหลระหว่างขา D และขา S ตลอดเวลา ง. กระแสที่ไหลระหว่างขา D และขา S ในสภาวะที่มีการปรับเปลี่ยน V_{GS}
นักศึกษาสามารถอธิบาย การทำงานของวงจรไบอัส มอสทรานซิสเตอร์ได้	37. ใช้อุปกรณ์ประกอบวงจรน้อย เป็นลักษณะการจัดไบอัสแบบใด ก. ไบอัสคงที่ ข. ไบอัสตัวเอง ค. ไบอัสแบ่งแรงดัน ง. ไบอัสผสม

วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ข้อสอบ
	38. การจัดวงจรไบอัสคงที่ของมอสเฟต ข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. จัดแรงดันไบอัสให้ทั้งวงจรคงที่ ข. จัดให้เกิดกระแสเดรนไหลในวงจรคงที่ ค. จัดแรงดันไบอัสให้ขาเกตและขาซอร์สคงที่ ง. จัดแรงดันไบอัสให้ขาเดรนและขาซอร์สคงที่ 39. การนำ D-MOSFET ไปทำเป็นวงจรสวิตช์จ่ายไบอัสอย่างไร ก. จ่ายไบอัสตรงให้ขา S จ่ายไบอัสกลับให้กับขา D กับขา G เทียบกับขา S ข. จ่ายไบอัสกลับให้กับขา S จ่ายไบอัสตรงให้ขา D กับขา G เทียบกับขา S ค. จ่ายไบอัสตรงให้ขา S จ่ายไบอัสตรงให้ขา D กับขา G เทียบกับขา S ง. จ่ายไบอัสกลับให้กับขา S จ่ายไบอัสกลับให้กับขา D กับ G เทียบกับขา S
นักศึกษาสามารถอธิบาย การทำงานของวงจร วงจรขยาย มอสทรานซิสเตอร์ได้	40. การนำมอสเฟตไปใช้ในวงจรขยายสัญญาณ กระแสที่ไหลผ่านตัวมอสเฟตจะถูกควบคุมด้วยแรงดันใด ก. VDS ข. VGD ค. VDD ง. VGS 41. การนำมอสเฟตไปใช้ในวงจรขยายสัญญาณเสียง มักจะใช้มอสเฟตในภาคใด ก. ภาคขับกำลัง ข. ภาคขยายกำลัง ค. ภาคจ่ายไฟ ง. ภาคปรีแอมป์
นักศึกษาสามารถจำลอง ผลการทำงานวงจรได้	42. การจำลองผลการทำงานวงจรขยายมอสทรานซิสเตอร์ วัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขาใด ก. ขาคอลเลคเตอร์ ข. ขาซอส ค. ขาเกต ง. ขาเดรน 43. ใช้เครื่องมือวัดชนิดใดในการจำลองผลการทำงานวงจรขยายมอสทรานซิสเตอร์ ก. มัลติมิเตอร์ ข. วัดตัมมิเตอร์ ค. โอห์มมิเตอร์ ง. ออสซิลโลสโคป

วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ข้อสอบ
วงจรขยายออปแอมป์	
นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสได้	44. ข้อใดคือวงจรออปแอมป์ขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส  ก)  ข)  ค)  ง)
45. Circuit A คือวงจรขยายออปแอมป์ ชนิดหนึ่ง มี V(source) เป็นอินพุต และ V(out) เป็นเอาต์พุต Circuit A คือวงจรในข้อใด ก. วงจรขยายแบบกลับเฟส ข. วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส ค. วงจรขยายสัญญาณผลต่าง ง. วงจรขยายแบบรวมสัญญาณกลับเฟส	 

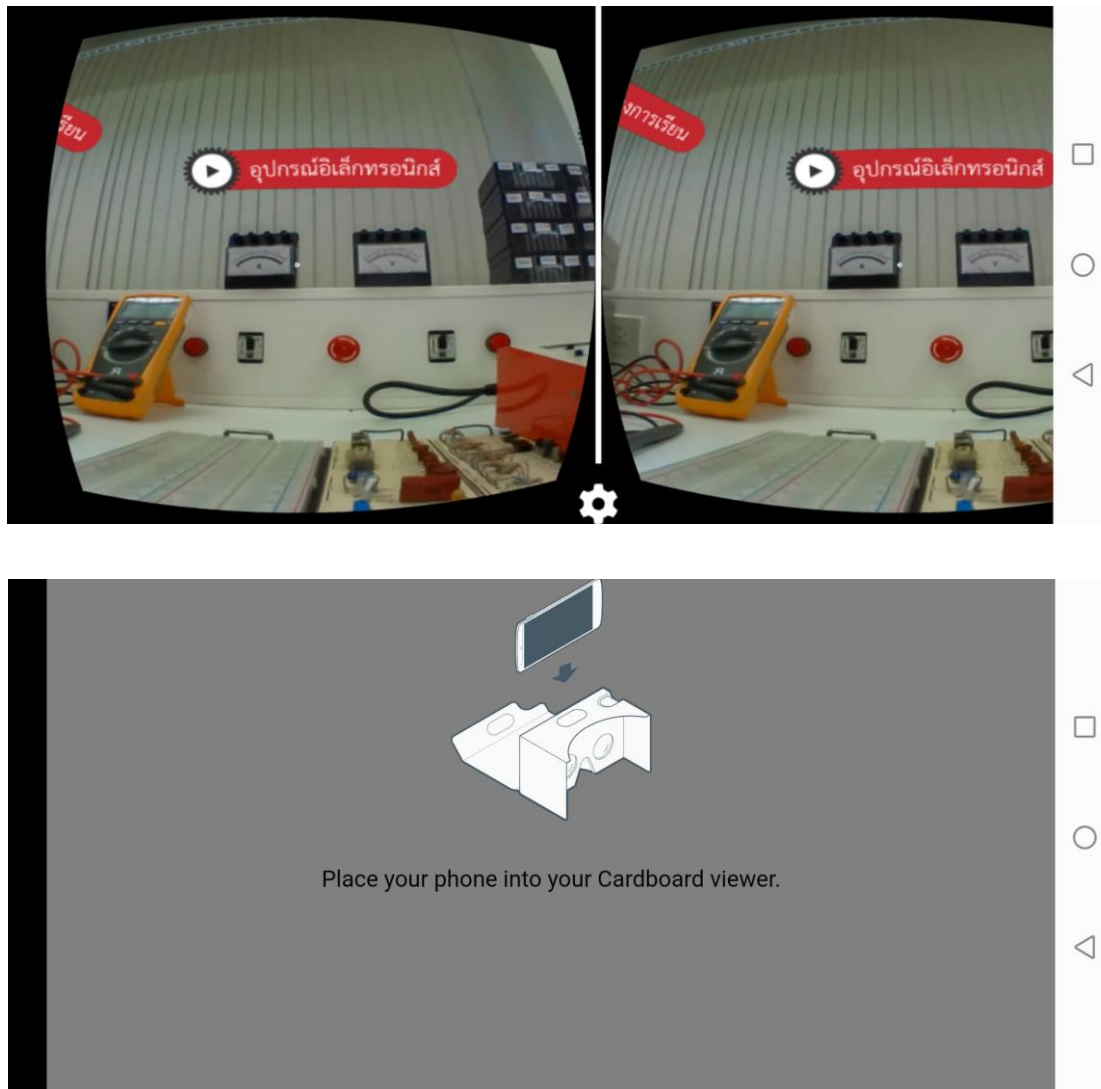
วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ข้อสอบ
นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายแบบกลับเฟสได้	46. ข้อใดคือวงจรออปแอมป์ขยายสัญญาณแบบกลับเฟส  ก)  ข)  ค)  ง)  47. วงจรในรูป คือวงจรในข้อใด ก. วงจรขยายแบบกลับเฟส ข. วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส ค. วงจรขยายสัญญาณผลต่าง ง. วงจรขยายแบบรวมสัญญาณกลับเฟส

วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ข้อสอบ
นักศึกษาสามารถจำลอง ผลการทำงานวงจรได้	48. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายแบบกลับเฟส และไม่กลับเฟส ก. วงจรขยายแบบกลับเฟส จะขยายและกลับสัญญาณอินพุตให้มีเครื่องหมายตรงกันข้ามกับของเดิม ข. วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสจะขยายและกลับสัญญาณอินพุตให้มีเครื่องหมายตรงกันข้ามกับของเดิม ค. วงจรขยายแบบกลับเฟส จะให้ค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตเท่ากับแรงดันทางด้านอินพุต ง. วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส จะให้ค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตเท่ากับแรงดันทางด้านอินพุต
	49. ใช้เครื่องมือวัดชนิดใดในการจำลองผลการทำงานของวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส ก. มัลติมิเตอร์ ข. วัดค่ามิเตอร์ ค. โอห์มมิเตอร์ ง. ออสซิลโลสโคป
	50. ถ้าแรงดันอินพุต $V_1 = -1.2V$, $V_2 = 2.2V$ แรงดัน V_o เท่ากับข้อใด ก. $-2.2V$ ข. $1.0V$ ค. $1.2V$ ง. $-1.2V$

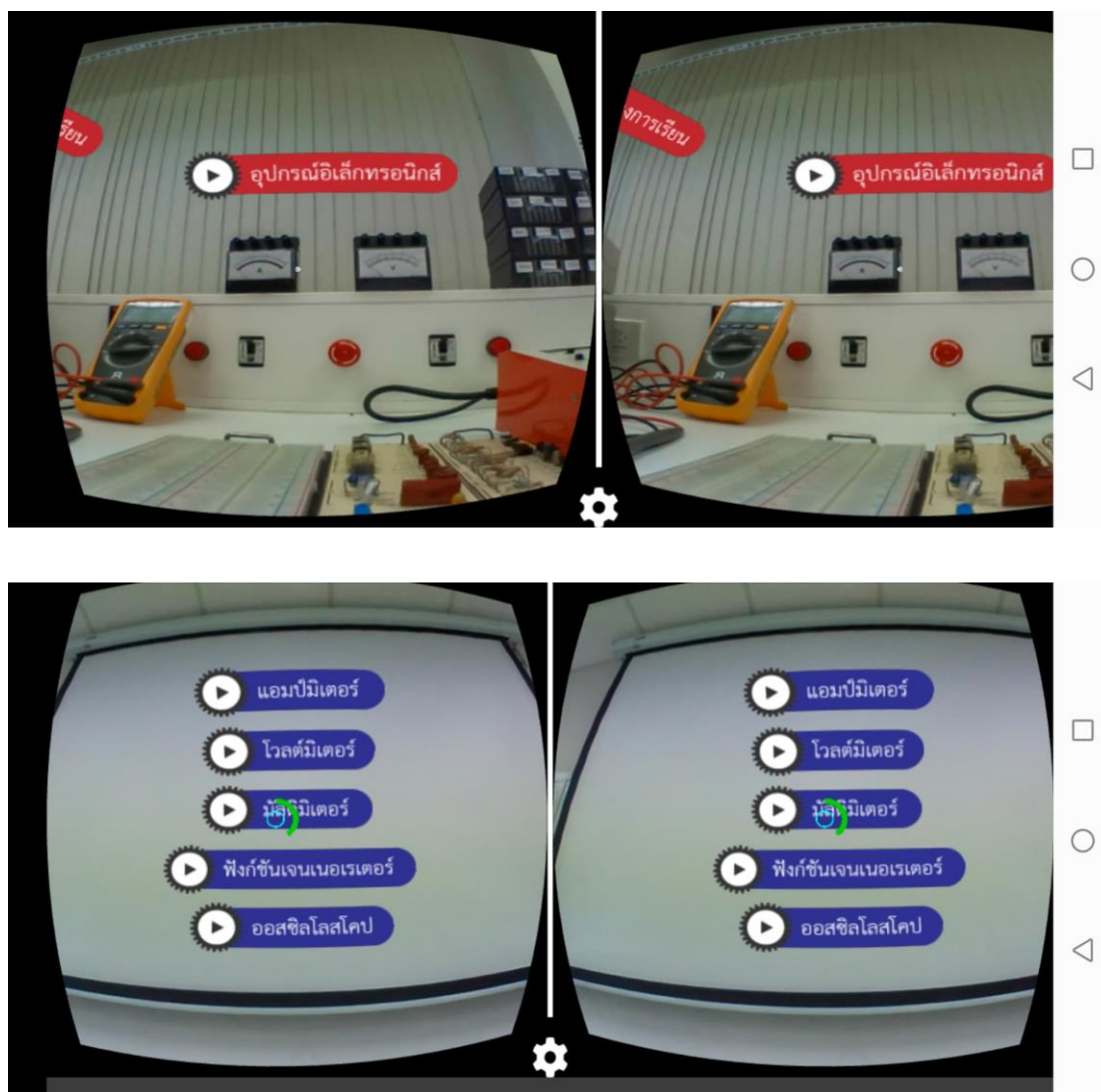
ภาคผนวก ค

ภาพถ่ายอย่างผลงานห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม

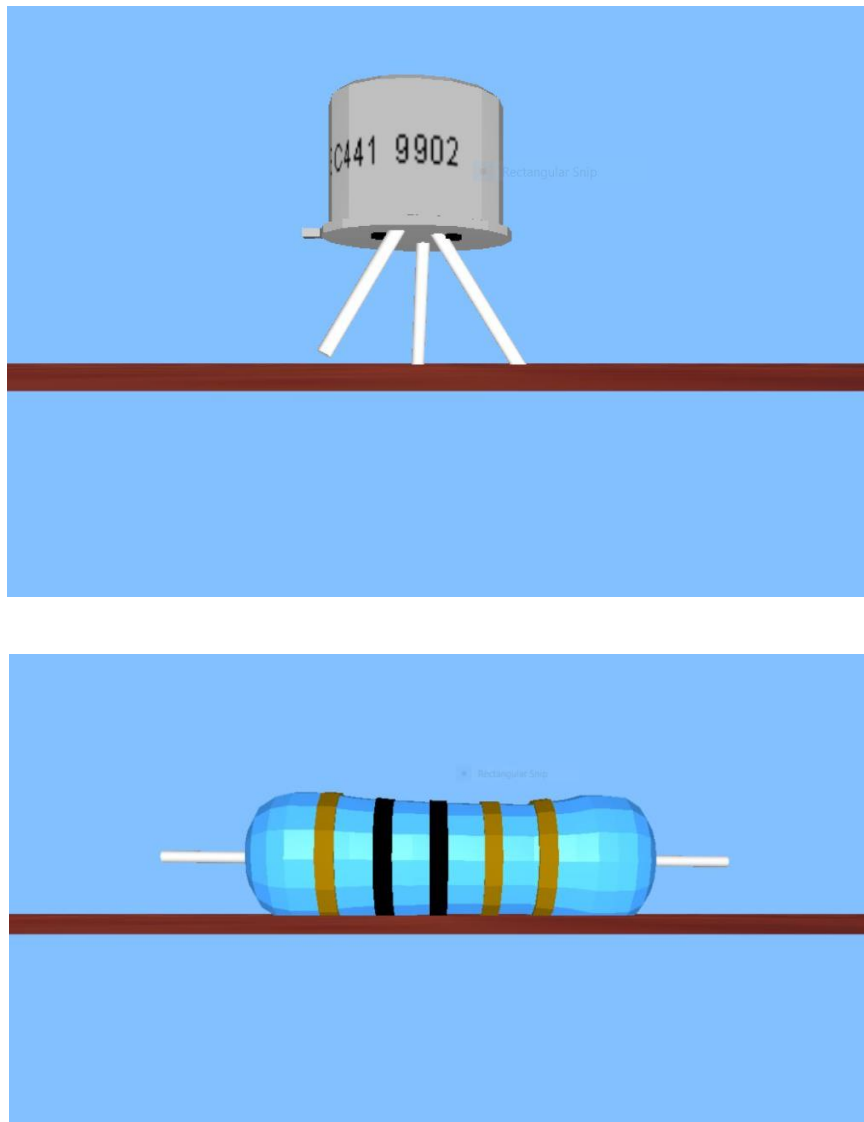
ภาพตัวอย่างผลงานห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม



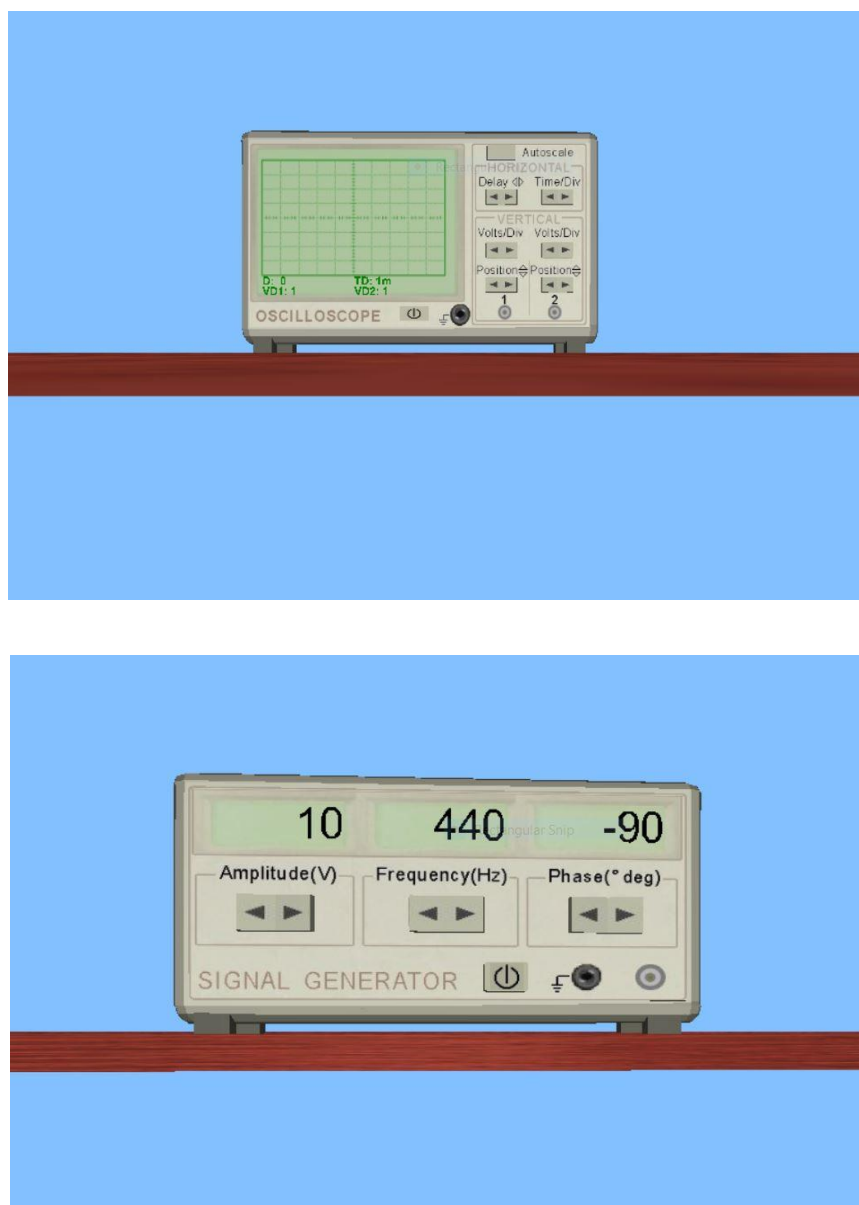
ภาพที่ ค-1 ภาพตัวอย่างผลงานห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม



ภาพที่ ค-1 (ต่อ)



ภาพที่ ค-2 ภาพอิมเมจทาร์เก็ต



ภาพที่ ค-2 (ต่อ)



ภาพที่ ค-3 ภาพจำลองห้องปฏิบัติการเสมือนจริงผสมความจริงเสริม



ภาพที่ ค-3 (ต่อ)

ภาคผนวก ง

ภาพการจัดกระบวนการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน
ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ภาพการจัดกระบวนการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน
ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม



ภาพที่ ง-1 การจัดกระบวนการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน
ผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

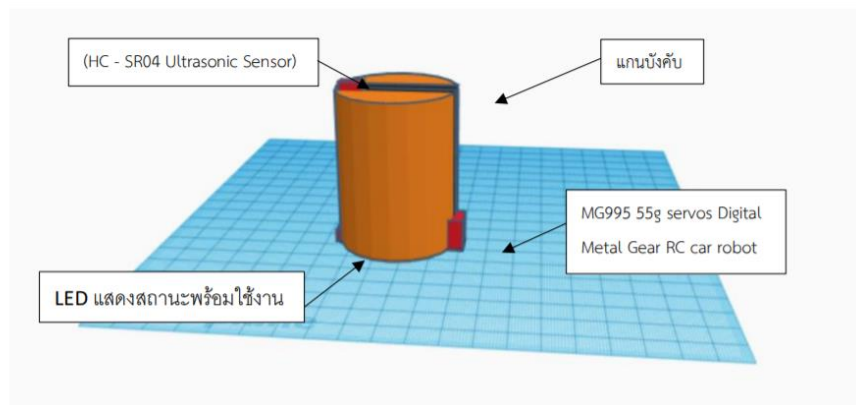


ภาพที่ ง-1 (ต่อ)

ภาคผนวก จ

ภาพตัวอย่างชิ้นงานนักศึกษาที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรม
โดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

ภาพตัวอย่างชิ้นงานนักศึกษาที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรม
โดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนผสมความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม

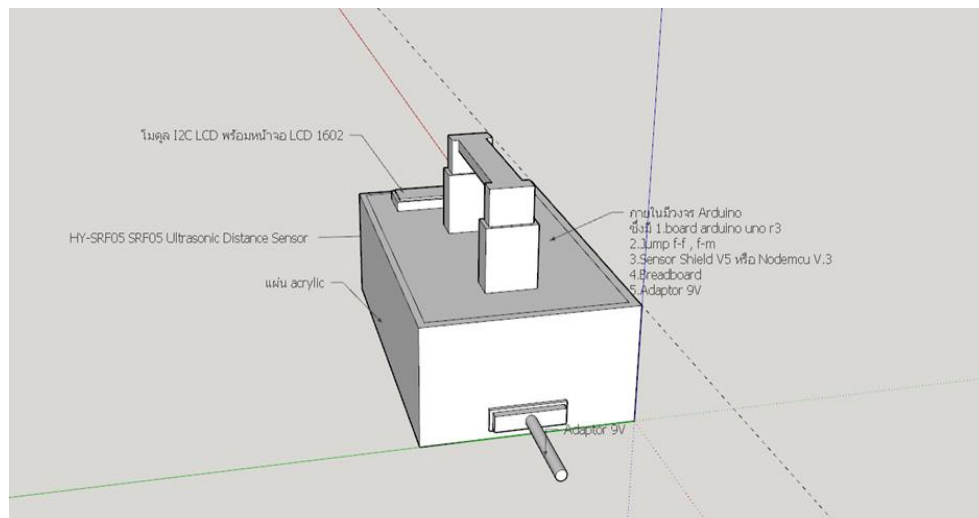


(ก)

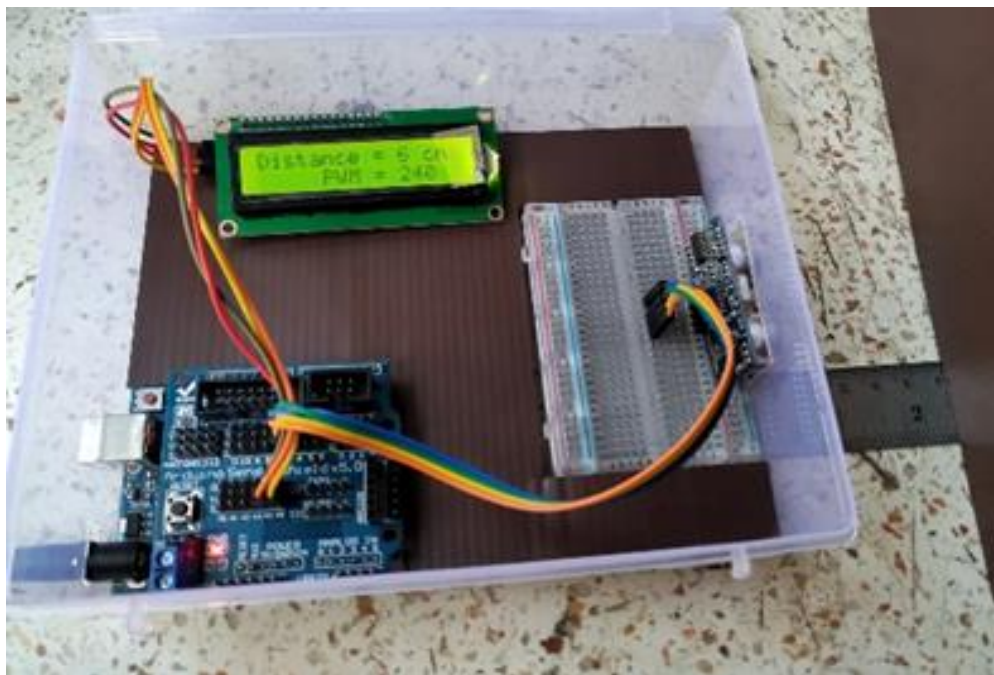


(ข)

ภาพที่ จ-1 โครงงานวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ถึงขยะอัจฉริยะ (ก) แบบจำลองถึงขยะอัจฉริยะ
(ข) ชิ้นงานถึงขยะอัจฉริยะ



(ก)



(ข)

ภาพที่ จ-2 โครงการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ตลับเมตรไร้สาย

(ก) แบบจำลองตลับเมตรไร้สาย (ข) ชิ้นงานตลับเมตรไร้สาย



ภาพที่ จ-3 โครงการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ แบบจำลองโรงจอดรถอัจฉริยะ

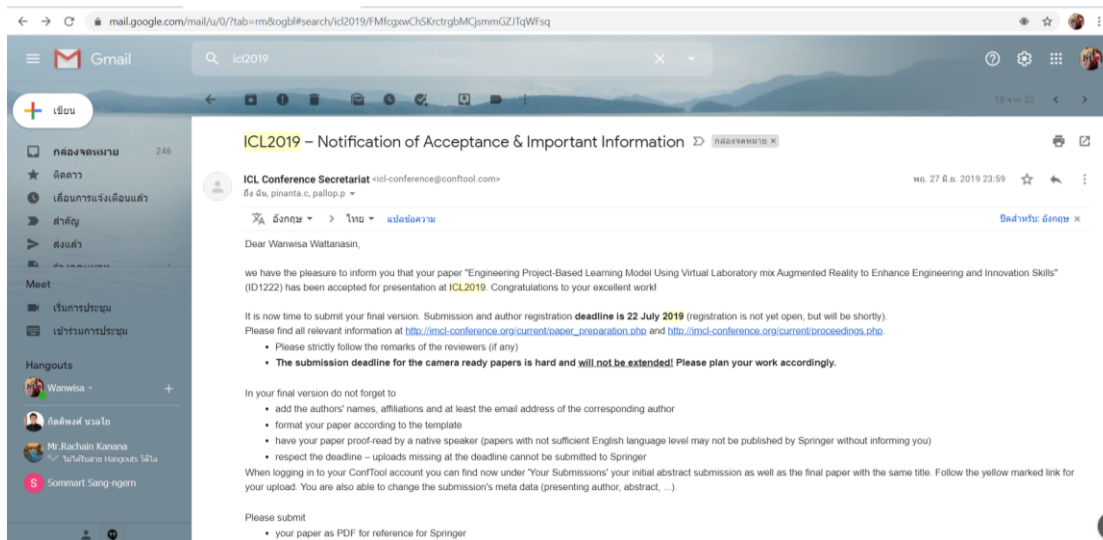


ภาพที่ จ-4 โครงการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องแจ้งเตือนน้ำล้น

ภาคผนวก ฉ

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

อีเมลล์ตอบรับ การตีพิมพ์ และภาพการนำเสนองานวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ICL2019 หัวข้อเรื่อง “ The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education ” 22nd International Conference on Interactive Collaborative Learning 48th IGIP International Conference on Engineering Pedagogy ระหว่างวันที่ 25-28 กันยายน 2562 ณ โรงแรมอินเตอร์คอนติเนนตัล กรุงเทพมหานคร



ภาพที่ จ-1 การตอบรับการนำเสนองานวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ



ภาพที่ จ-2 การตีพิมพ์ใน Springer



ภาพที่ ฉ-3 การเข้าร่วมประชุมวิชาการในระดับนานาชาติ



ภาพที่ ฉ-4 การนำเสนอผลงานวิจัยในประชุมวิชาการในระดับนานาชาติ



ภาพที่ ฉ-5 ประกาศนียบัตรการนำเสนอผลงานวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

บทความวิจัย เรื่อง Engineering Project-Based Learning Model Using Virtual Laboratory Mix Augmented Reality to Enhance Engineering and Innovation Skills ได้รับการตีพิมพ์ใน the Springer series "Advances in Intelligent Systems and Computing" ฉบับที่ 1134 หน้า 808-817

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นางสาววรรณวิศา วัฒนสินธุ์
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : รูปแบบการเรียนรู้โครงงานเชิงวิศวกรรมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน
 ผสมความจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะวิศวกรรมและนวัตกรรม
 สาขาวิชา : เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา

ประวัติ

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2551 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (คอ.บ.)
 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
 พระนครเหนือ

พ.ศ. 2555 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.)
 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

พ.ศ. 2563 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา
 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2553 ครูสอนวิชาคณิตศาสตร์ ศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย
 เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2554 – 2555 อาจารย์พิเศษสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และ
 เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

พ.ศ. 2556 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร
 คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ผลงานวิชาการ

Wanwisa Wattanasin and Pallop Piriya-surawong. (2017). “Learning Model of Imagineering via Project Base Learning to Enhance Creativity and Innovation for Undergraduate” accepted in The 2017 International STEM Education Conference. Chiang Mai, Thailand, on July 12 -14, 2017.

วรรณวิศา วัฒนสินธุ์ และณมน จีรังสุวรรณ “รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วย
แฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์”
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์. ครั้งที่ 9 (ECTI-CARD 2017)

วรรณวิศา วัฒนสินธุ์ กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย และปณิตา วรรณพิรุณ. (2563). “เทคโนโลยีเชื่อมโยง
สรรพสิ่งกับการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมเพื่อพัฒนานวัตกรรมสร้างสรรค์.” วารสาร
เทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 : 69-
78.

Wanwisa Wattanasin Pinanta Chatwattana and Pallop Piriya-surawong (2019).

“Engineering Project-Based Learning Model Using Virtual Laboratory mix
Augmented Reality to Enhance Engineering and Innovation Skills.” Advances
in Intelligent Systems and Computing. Vol. 1134 : 808-817.