

ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์  
เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

นายสถาพร อยู่สมบูรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
ปีการศึกษา 2561  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นายสถาพร อยู่สมบูรณ์  
ชื่อวิทยานิพนธ์ : ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา  
เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์  
สาขาวิชา : เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.พัลลภ พิริยะสุรวงศ์  
ปีการศึกษา : 2561

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ (2) เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ และ (3) เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ใน 5 ประเด็น ดังต่อไปนี้ 3.1) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 3.2) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง 3.3) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 3.4) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75) และ 3.5) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75) กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยนี้ คือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 2 ห้อง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม และมีการสุ่มอย่างง่ายเพื่อกำหนดกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยแต่ละห้องมีนักศึกษาห้องละ 40 คน เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ รายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 15 สัปดาห์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน one Sample, t test, Independent t test, Paired Sample t test และ one way MANOVA

ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ มี 7 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ 1) การแบ่งกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ (Jigsaw Group) 2) การสร้างจินตนาการ (Imagination) 3) การออกแบบ (Design) 4) การพัฒนาพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Development) 5) การนำเสนอ (Presentation) 6) การปรับปรุง (Improvement) และ 7) การประเมิน (Evaluation) โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมของ

รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.54$ , S.D. = 0.49)

2. ผลการพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และผลงานสร้างสรรค์มีผลการประเมินดังนี้ 1) ผลการประเมินคุณภาพแผนการเรียนการสอนสำหรับ ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.47) 2) ผลการประเมินคุณภาพเนื้อหา การเรียนการสอนสำหรับระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิด สร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.49) และ 3) ผลการประเมินแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์สำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้ วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.61$ , S.D. = 0.47) 4) ผลการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้สำหรับ ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.51$ , S.D. = 0.48) และ 5) ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาที่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.51$ , S.D. = 0.47)

3. ผลการใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และผลงานสร้างสรรค์มีรายละเอียดคือ 1) กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิด สร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) กลุ่มทดลองมีคะแนน ความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และ 4) กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05 และ 5) กลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 196 หน้า)

คำสำคัญ : วิศวกรรมฝังตัว สังคมนาฬิกา เทคนิคจิ๊กซอว์ จินตวิศวกรรม ความคิดสร้างสรรค์และ ผลงานสร้างสรรค์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Name : Mr.Sathaporn Yoosomboon  
Thesis Title : Embedded Engineering Learning System on Social Cloud to Enhance Creative Thinking and Creative Product  
Major Field : Information and Communication Technology for Education  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
Thesis Advisor : Associate Professor Dr.Pallop Piriyasurawong  
Academic Year : 2018

### **Abstract**

The purposes of this research are: (1) to develop an embedded engineering learning on social cloud model to enhance creative thinking and creative product, (2) to develop an embedded engineering learning on social cloud system to enhance creative thinking and creative product, and (3) to study the effect of embedded engineering learning on social cloud system to enhance creative thinking and creative product on five aspects as followings: 3.1) to compare creative thinking scores before learning between experimental group and controlled group, 3.2) to compare creative thinking pretest and post-test scores of experimental group, 3.3) to compare creative thinking and creative product of experimental group and control group after post-test session, 3.4) to compare creative thinking of the experimental group with a criterion of 75%, and 3.5) to compare creative product of the experimental group with a criterion of 75%. The samples of this study are 80 undergraduate students of King Mongkut's University of Technology North Bangkok who enrolled in two classes of microprocessor course in the second semester of academic year 2016. For each class, 40 students were selected by the method of simple random sampling. The lessons used in this research were all provided in microprocessor classes. The study took 15 weeks to test for the results. Data were analyzed by applying arithmetic mean, standard deviation, one Sample, t-test, Independent t-test, Paired Sample t-test and one-way MANOVA.

The findings are as followings:

1. The results of developing an embedded engineering learning on social cloud model to enhance creative thinking and creative product had 7 processes as followings: 1) Jigsaw Group 2) Imagination 3) Design 4) Embedded Development 5) Presentation 6) Improvement and 7) Evaluation, with the evaluation of suitability of a model of embedded

engineering learning on social cloud to enhance creative thinking and creative product which was ranked in the highest level ( $\bar{X} = 4.54$ , S.D. = 0.49).

2. The development result of an embedded engineering learning on social cloud system to enhance creative thinking and creative product as followings: 1) the evaluation of suitability of teaching and learning quality was ranked in the highest level ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.47), 2) the evaluation of lesson's quality for embedded engineering learning on social cloud system to enhance creative thinking and creative product was ranked in the highest level ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.49), and 3) the evaluation of creative product evaluation form was ranked in the highest level ( $\bar{X} = 4.61$ , S.D. = 0.47) 4) the evaluation of the quality of learning media for embedded engineering learning on social cloud system to enhance creative thinking and creative product was ranked in the highest level ( $\bar{X} = 4.51$ , S.D. = 0.48) and 5) The efficiency evaluation of embedded engineering learning on social cloud system to enhance creative thinking and creative product was ranked in the highest level ( $\bar{X} = 4.51$ , S.D. = 0.47).

3. The results of the implementation of embedded engineering learning on social cloud system to enhance creative thinking and creative product were as followings: 1) experimental group's creative thinking scores of pretest were not different from controlled group as the significance was .05, 2) the scores of experimental group's creative thinking post-test were higher than the pretest at the significance of .05, 3) experimental group's creative thinking and creative product scores were higher than controlled group's at the significance value of .05, 4) experimental group's creative thinking scores of post-test were higher than a criterion of 75% at the significance value of .05, and 5) experimental group's creative product scores of post-test were higher than a criterion of 75% at significance level of .05.

(Total 196 pages)

Keywords : Embedded Engineering, Social Cloud, Jigsaw Technique, Imagineering,  
Creative Thinking and Creative Product

---

Advisor

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พัลลภ พิริยะสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา คุณปู่ คุณย่า คุณตา คุณยาย คุณอา คุณน้าและสมาชิกครอบครัวอยู่สมบูรณ์ที่เป็นกำลังใจและช่วยเป็นแรงผลักดันในการทำวิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิตให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิพนธ์ สุขปรีดี ประธานกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พัลลภ พิริยะสุวรรณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข และรองศาสตราจารย์ ดร.ปณิตา วรณพิรุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายในรองศาสตราจารย์ เรือโท ดร.ทวีศักดิ์ รูปสิงห์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ประภา อมรกิจภิญญา กรรมการสอบภายนอกที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษาที่ได้ถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์ ให้คำแนะนำและให้ความเมตตาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษาสำหรับกำลังใจ ความปรารถนาดีและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือสำหรับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

สถาพร อยู่สมบูรณ์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	5
1.4 ขอบเขตการวิจัย	5
1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย	6
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น	6
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ	6
1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 ระบบสมองกลฝังตัว	9
2.2 เทคนิคจิ๊กซอว์ (Jigsaw Technique)	16
2.3 สังคมคลาวด์ (Social Cloud)	21
2.4 จินตวิศวกรรม (Imagineering)	24
2.5 ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)	27
2.6 ผลงานสร้างสรรค์ (Creative Product)	32
2.7 แบบแผนการทดลอง	35
2.8 การทดสอบโปรแกรม	40
2.9 บริบท	44
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	45
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	51
3.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	51

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	60
3.3 เพื่อศึกษาผลการใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	93
บทที่ 4 ผลการวิจัย	95
4.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	95
4.2 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	98
4.3 ผลการใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	109
บทที่ 5 ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	115
5.1 บทนำ	115
5.2 รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	117
บทที่ 6 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	155
6.1 สรุปผลการวิจัย	155
6.2 อภิปรายผล	157
6.3 ข้อเสนอแนะ	161
บรรณานุกรม	163
ภาคผนวก ก ข้อมูลผู้เชี่ยวชาญ	171
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	179
ภาคผนวก ค ภาพการทดลอง	189
ประวัติผู้วิจัย	195

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2-1	การเปรียบเทียบขั้นตอนของการเรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์	20
2-2	การเปรียบเทียบกระบวนการความคิดสร้างสรรค์	30
2-3	ที่มาของการพัฒนาแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์	34
3-1	ตารางวิเคราะห์ สังเคราะห์และการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	53
4-1	ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	96
4-2	ผลการประเมินคุณภาพแผนการเรียนการสอนสำหรับระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	99
4-3	ผลการประเมินคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอนสำหรับระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	100
4-4	ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์สำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	103
4-5	ผลการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้สำหรับระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	106
4-6	ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัต	108
4-7	ผลการทดสอบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	110
4-8	ผลการทดสอบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง	111
4-9	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนระหว่างกลุ่ม (กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม)	111
4-10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ระหว่างกลุ่ม (กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม)	112

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-11 ผลการทดสอบคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับ เกณฑ์	113
4-12 ผลการทดสอบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์	113
4-13 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อ 1-5	114
5-1 ตัวอย่างการประเมินผลงานสร้างสรรค์ (Product Creative Assessment)	139
5-2 กระบวนการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิด สร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	142
ก-1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรม ฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	172
ก-2 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพแผนการเรียนการสอนสำหรับระบบการ เรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และ ผลงานสร้างสรรค์	173
ก-3 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพเนื้อหาสำหรับการเรียนการสอนด้วย ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิด สร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	174
ก-4 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์สำหรับการเรียน การสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนา ความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	175
ก-5 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ของระบบการเรียนการ สอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิด สร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	176
ก-6 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพของระบบการเรียนการสอนด้วย ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิด สร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	177

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
1-1	กรอบแนวคิดการวิจัย	6
2-1	ตัวอย่างไมโครโพรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต	10
2-2	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทางด้านสมองกลฝังตัว	11
2-3	ตัวอย่างระบบสมองกลฝังตัวขนาดเล็ก	14
2-4	ตัวอย่างระบบสมองกลฝังตัวขนาดกลาง	14
2-5	ตัวอย่างระบบสมองกลฝังตัวขนาดใหญ่	15
2-6	กระบวนการเรียนด้วยเทคนิคจิกซอว์	18
2-7	การให้บริการและการใช้ทรัพยากรร่วมกันบนสังคมคลาวด์	22
2-8	สภาพแวดล้อมสังคมคลาวด์	23
2-9	สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ด้วยระบบคลาวด์	24
2-10	กระบวนการเรียนรู้แบบจินตวิศวะกรรม	26
2-11	กระบวนการความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance	29
2-12	การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 8 ด้านของบริษัท AULVE	32
2-13	The Creative Product Analysis Matrix : CPAM	33
2-14	การทดสอบฟังก์ชันการทำงานแบบ Black Box Testing	41
2-15	การทดสอบฟังก์ชันการทำงานแบบ White Box Testing	42
3-1	รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	58
3-2	คอนเท็กซ์ไดอะแกรมระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์	61
3-3	Data flow Diagram Level 0 ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์	63
3-4	Data flow Diagram Level 1 การจัดการผู้ใช้งานระบบ	64
3-5	Data flow Diagram Level 1 บริหารการจัดการเรียน	65
3-6	Data flow Diagram Level 2 การจัดกลุ่มแบบจิกซอว์ 2	66
3-7	Data flow Diagram Level 2 บทเรียน	67
3-8	Data flow Diagram Level 1 การเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว	68
3-9	Data flow Diagram Level 2 การเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวของกลุ่มบ้าน	69
3-10	Data flow Diagram Level 3 ใบบงานของกลุ่มบ้าน	70

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-11 Data flow Diagram Level 3 การพัฒนาสมองกลฝังตัวของกลุ่มบ้าน	71
3-12 Data flow Diagram Level 4 การประกอบวงจรของกลุ่มบ้าน	72
3-13 Data flow Diagram Level 4 การเขียนโปรแกรมของกลุ่มบ้าน	73
3-14 Data flow Diagram Level 2 การเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	74
3-15 Data flow Diagram Level 3 ใบบางของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	75
3-16 Data flow Diagram Level 3 การพัฒนาสมองกลฝังตัวของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	76
3-17 Data flow Diagram Level 4 การประกอบวงจรของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	77
3-18 Data flow Diagram Level 4 การเขียนโปรแกรมของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	78
3-19 Data flow Diagram Level 1 แหล่งทรัพยากรการเรียนรู้	79
3-20 Data flow Diagram Level 1 คะแนน	80
3-21 Data flow Diagram Level 2 คะแนนแบบฝึกหัด	81
3-22 Data flow Diagram Level 2 คะแนนใบบาง	82
3-23 Data flow Diagram Level 2 คะแนนความคิดสร้างสรรค์	83
3-24 Data flow Diagram Level 2 คะแนนผลงานสร้างสรรค์	84
3-25 แผนภาพยูสเคสระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์	85
5-1 รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์	118
5-2 ปัจจัยหลักของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว	118
5-3 ขั้นตอนการแบ่งกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์	121
5-4 ตัวอย่างการเปิดใช้งานบัญชีนักศึกษา	121
5-5 การแบ่งกลุ่มผู้เรียนของกลุ่มบ้าน	122
5-6 ตัวอย่างเครื่องมือการแบ่งกลุ่มผู้เรียนกลุ่มบ้าน	123
5-7 การแบ่งกลุ่มผู้เรียนไปกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	123
5-8 ตัวอย่างเครื่องมือการแบ่งกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	124
5-9 ขั้นตอนการสร้างจินตนาการ	124
5-10 ตัวอย่างการศึกษาเนื้อหา	125
5-11 ตัวอย่างการกำหนดโจทย์จินตนาการของผลงาน	125

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5-12	ขั้นตอนการออกแบบ	126
5-13	ตัวอย่างการเขียนแบบร่าง	127
5-14	ตัวอย่างการเขียนสตอรี่บอร์ด	128
5-15	ตัวอย่างการเขียนสคริปต์ด้านฮาร์ดแวร์	128
5-16	ตัวอย่างการเขียนสคริปต์ด้านซอฟต์แวร์	129
5-17	ตัวอย่างการใช้เครื่องมือ Tinkercad ด้านฮาร์ดแวร์	129
5-18	ตัวอย่างการใช้เครื่องมือ Tinkercad ด้านซอฟต์แวร์	130
5-19	ตัวอย่างการใช้เครื่องมือ Tinkercad ในการแชร์ผลงานบนสังคมคลาวด์	130
5-20	ขั้นตอนกระบวนการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว	131
5-21	ตัวอย่างการประกอบชิ้นงาน	131
5-22	ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม	132
5-23	ตัวอย่างการประมวลผล	133
5-24	ตัวอย่างการทดสอบการทำงาน	134
5-25	ขั้นตอนกระบวนการนำเสนอ	134
5-26	ตัวอย่างการแสดงผลงาน	135
5-27	ตัวอย่างการแข่งขัน	136
5-28	ตัวอย่างการรับฟังความคิดเห็น	136
5-29	ขั้นตอนกระบวนการปรับปรุง	137
5-30	กระบวนการปรับปรุง	137
5-31	การสรุปผลงาน	138
5-32	ขั้นตอนกระบวนการวัดประเมินผล	138
ค-1	การทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน	190
ค-2	การสร้างแบบจำลอง	190
ค-3	การแนะนำขั้นตอนการเขียนโปรแกรม	191
ค-4	การแนะนำขั้นตอนการต่อวงจร	191
ค-5	การศึกษาเนื้อหาบทเรียน	192
ค-6	บรรยากาศในห้องเรียน	192

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ค-7	ตัวอย่างผลงานสร้างสรรค์ 1	193
ค-8	ตัวอย่างผลงานสร้างสรรค์ 2	193

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีการพัฒนา เพื่อรองรับการเติบโตอย่างก้าวกระโดดและต่อเนื่องของภาคอุตสาหกรรม ICT ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยเฉพาะด้านระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) ซึ่งกลายเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันเพราะระบบสมองกลฝังตัวได้แฝงเข้าไปในอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ทางด้านเทคโนโลยี อุปกรณ์ทางการสื่อสารและอุปกรณ์ทางการควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถตอบสนองการทำงานและอำนวยความสะดวกในทุกภาคอุตสาหกรรม (สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2555)

ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตและส่งออกที่สำคัญของอาเซียนด้านเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ แต่ส่วนใหญ่เป็นเพียงการรับจ้างผลิตและประกอบ โดยอาศัยความได้เปรียบด้านแรงงานที่มีฝีมือ ซึ่งในอนาคตอันใกล้นี้อาจไม่ใช่ข้อได้เปรียบของประเทศไทยอีกต่อไป (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2559) จึงทำให้รัฐบาลต้องการสร้างความมั่นคงด้านเศรษฐกิจของประเทศ โดยมีนโยบายในการนำประเทศก้าวสู่โมเดล “ประเทศไทย 4.0” หรือ “ไทยแลนด์ 4.0” เพื่อเป็นการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจไปสู่ “Value-Based Economy” หรือ “เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม” (สุวิทย์, 2559)

จากนโยบายดังกล่าวส่งผลให้มีการเปลี่ยนชื่อกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี, 2559) โดยกระทรวงดังกล่าวได้จัดทำแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมหรือเรียกว่า ดิจิทัลไทยแลนด์ 4.0 เพื่อให้ประเทศไทยสามารถสร้างสรรค์และใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลอย่างเต็มประสิทธิภาพและเกิดศักยภาพในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน นวัตกรรม ข้อมูล ทุนมนุษย์และทรัพยากรอื่นใดเพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน ซึ่งแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาไว้ 6 ยุทธศาสตร์ คือ ยุทธศาสตร์ที่ 1 พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลประสิทธิภาพสูงให้ครอบคลุมทั่วประเทศ ยุทธศาสตร์ ที่ 2 ขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล ยุทธศาสตร์ที่ 3 สร้างสังคมคุณภาพที่ทั่วถึงเท่าเทียมด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล ยุทธศาสตร์ที่ 4 ปรับเปลี่ยนภาครัฐสู่การเป็นรัฐบาลดิจิทัล ยุทธศาสตร์ที่ 5 พัฒนากำลังคนให้พร้อมเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล และยุทธศาสตร์ที่ 6 สร้างความเชื่อมั่นในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล โดยมี 2 ยุทธศาสตร์ที่พัฒนาคนเพื่อรองรับขีดความสามารถในการแข่งขันด้านอุตสาหกรรม 4.0 คือยุทธศาสตร์ที่ 2 และยุทธศาสตร์ที่ 5 (กระทรวง

เพื่อเศรษฐกิจและสังคม, 2559) โดยมีรายละเอียดคือ

ยุทธศาสตร์ที่ 2 เกี่ยวกับขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลประกอบด้วย 1) เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคธุรกิจตลอดห่วงโซ่คุณค่า โดยผลักดันธุรกิจให้เข้าสู่ระบบการค้าดิจิทัลสู่สากลและให้เกิดการใช้เทคโนโลยีและข้อมูลเพื่อปฏิรูปการผลิตสินค้าและบริการ 2) เร่งสร้างธุรกิจเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology Startup) ให้เป็นฟันเฟืองสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจดิจิทัล และ 3) พัฒนาอุตสาหกรรมเทคโนโลยีดิจิทัลของไทยให้มีความเข้มแข็งและสามารถแข่งขันเชิงนวัตกรรมได้ในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมไทยมีศักยภาพและเป็นอุตสาหกรรมแห่งอนาคต

ยุทธศาสตร์ที่ 5 เกี่ยวกับพัฒนากำลังคนให้พร้อมเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัลประกอบด้วย 1) พัฒนาทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัลให้แก่บุคลากรในตลาดแรงงานทั้งภาครัฐและเอกชนทุกสาขาอาชีพและทุกช่วงวัย และ 2) ส่งเสริมการพัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญเทคโนโลยีเฉพาะด้านให้แก่บุคลากรสายวิชาชีพด้านเทคโนโลยีดิจิทัลที่ปฏิบัติงานในภาครัฐและเอกชนเพื่อรองรับความต้องการในอนาคต

โดยแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมมีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมไทย 4.0 ระยะ 20 ปี พ.ศ. 2560 – 2579 ภายใต้วิสัยทัศน์คือ การมุ่งสู่อุตสาหกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาและเชื่อมโยงกับเศรษฐกิจโลก ซึ่งการพัฒนาอุตสาหกรรมในประเทศไทยจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการพัฒนา โดยต้องมีการกำหนดกรอบเทคโนโลยีหลักเพื่อเป็นเครื่องมือในการพัฒนา รวมทั้งการแปลงความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบของประเทศที่มีอยู่ 2 ด้าน คือความหลากหลายเชิงชีวภาพและความหลากหลายเชิงวัฒนธรรมให้เป็นความได้เปรียบในเชิงแข่งขัน โดยการเติมความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อการปรับโครงสร้างจากกลุ่มอุตสาหกรรมดั้งเดิมสู่กลุ่มอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าและความซับซ้อนสูงซึ่งขับเคลื่อนใน 5 กลุ่มเทคโนโลยีและนวัตกรรมคือ 1) กลุ่มอาหาร เกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ 2) กลุ่มสาธารณสุข สุขภาพและเทคโนโลยีทางการแพทย์ 3) กลุ่มเครื่องมืออุปกรณ์อัจฉริยะ หุ่นยนต์และระบบเครื่องกลที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม 4) กลุ่มอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ ทู่นวัตกรรมและบริการที่มีมูลค่าสูง และ 5) กลุ่มดิจิทัล เทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตเชื่อมต่ออุปกรณ์ ปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2559)

จากสถิติปี 2557 พบว่าอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีปัญหาสำคัญคือ ปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนบุคลากรด้านซอฟต์แวร์สมองกลฝังตัวอย่างรุนแรง ดังนั้นสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัลจึงจำเป็นต้องให้การสนับสนุนเกี่ยวกับการพัฒนาบุคลากรเพิ่มขึ้น 51% เพื่อรองรับตลาดอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์สมองกลฝังตัว (สำนักงานส่งเสริมอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์แห่งชาติ, 2557) ต่อมาสถิติในปี 2558 พบว่าอุตสาหกรรมในประเทศไทยยังขาดแคลนบุคลากรที่มีคุณภาพด้านซอฟต์แวร์สมองกลฝังตัวเหมือนเดิม รวมทั้งหลักสูตรการเรียนการสอนไม่สามารถ

ตอบสนอง ความต้องการของภาคอุตสาหกรรม (สำนักงานส่งเสริมอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์แห่งชาติ, 2559)

จากปัญหาดังกล่าว ส่งผลให้ภาคการศึกษาจำเป็นต้องมีการพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า โดยสภาวิศวกรรมกำหนดวิชาบังคับเฉพาะสำหรับหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าจำนวน 8 วิชาคือ 1. วิชาเครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า 2. วิชาเครื่องจักรกลไฟฟ้า 3. วิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า 4. วิชาการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง 5. วิชาการผลิต ส่งจ่าย และกระจายทางไฟฟ้ากำลัง 6. วิชาไมโครโปรเซสเซอร์ 7. วิชาเซนเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมอุตสาหกรรมและ 8. วิชาการออกแบบระบบการวัด ซึ่งวิชาไมโครโปรเซสเซอร์เป็นวิชาหนึ่งในวิชาบังคับเฉพาะวิศวกรรมไฟฟ้า โดยวิชาดังกล่าวจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) (สภาวิศวกร, 2558) เพื่อแก้ปัญหาการขาดบุคลากรด้านนี้

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) คือระบบที่ออกแบบสำหรับใช้งานวัตถุประสงค์เฉพาะด้าน (วีรุพท์, 2553) ที่ผสมผสานกันระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ (นรังสรรค์, 2552) โดยฝังไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2554) ซึ่งระบบนี้มีหลักการการทำงานคือ มีสัญญาณเข้าจากอุปกรณ์ภายนอกเข้าสู่ระบบประมวลผลและมีสัญญาณผลลัพธ์ออกไปควบคุมบังคับอุปกรณ์ (สมบุรณ์, 2550) นอกจากนี้ระบบยังช่วยเพิ่มความฉลาดและความสามารถให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติเสมือนมีสมองกลฝังตัวอยู่ภายใน (Mazidi & McKinlay, 2006) จากความสำคัญและประโยชน์ของระบบสมองกลฝังตัว ส่งผลให้สถาบันการศึกษาจำเป็นต้องปรับปรุงแบบการเรียน การสอน เพื่อตอบสนองกับภาคอุตสาหกรรม โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมที่จับต้องได้

จินตวิศวกรรม (Imagineering) คือการผสมผสานคำระหว่างจินตนาการ (Imagine) และวิศวกรรม (Engineering) (Duncan, 2011) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนมีจินตนาการหรือความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) ในการออกแบบ สร้างสิ่งประดิษฐ์หรือผลงานสร้างสรรค์ (Creative Product) (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา, 2555) โดยการเรียนการสอนในรูปแบบนี้จะทำให้ผู้เรียนสามารถนำจินตนาการหรือความคิดผ่านกระบวนการเรียนการสอนอย่างเป็นลำดับขั้นตอนมาสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมที่สามารถจับต้องได้และนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้การเรียนการสอนในรูปแบบนี้ยังสามารถเรียนผ่านเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) ซึ่งทำให้นักศึกษาสามารถทำงานร่วมกัน แลกเปลี่ยนความรู้ต่าง ๆ รวมทั้งมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักศึกษาและอาจารย์ ส่งผลให้เกิดสังคมบนคลาวด์ (Social Cloud) (Chard et al., 2012)

สังคมคลาวด์ (Social Cloud) เป็นโครงสร้างด้านทรัพยากรและการแบ่งปันบริการ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกเครือข่ายทางสังคมในสร้างกระบวนการทำงานร่วมกันแบบออนไลน์

ซึ่งเป็นลักษณะของแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์เฉพาะทางสังคมและสามารถกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้ข้อมูล (Chard et al, 2012; Haas et al, 2012; Sonawane et al, 2014) ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนผู้สอนสามารถพูดคุย ส่งข้อมูล แชรข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนการสอนตามสิทธิ์ที่ถูกกำหนดไว้ รวมทั้งยังสามารถทำงานร่วมกันกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน (Thaufeeg et al, 2011; Bai et al, 2011)

จากหลักการ แนวคิด ทฤษฎีและความเป็นมาที่กล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ เพื่อตอบสนองการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะต่าง ๆ เช่น ทักษะความคิดสร้างสรรค์ และเป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนการสอนและการทำกิจกรรม ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น (The Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills, 2012)

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้อิงวิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้อิงวิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

1.2.3 เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้อิงวิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

1.2.3.1 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1.2.3.2 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

1.2.3.3 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1.2.3.4 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75)

1.2.3.5 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75)

### 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

- 1.3.1 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม
- 1.3.2 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน
- 1.3.3 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุม
- 1.3.4 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์
- 1.3.5 กลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรคือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 7 ห้อง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1.4.2 กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้อง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่มเพราะในระบบการลงทะเบียนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ผู้เรียนจะดำเนินการลงทะเบียนผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยฝ่ายวิชาการเป็นส่วนงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดเปิดจำนวนห้องเรียนในแต่ละรายวิชา ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถกำหนดและแบ่งแยกผู้เรียนเข้าห้องเรียนแต่ละห้องได้เอง จึงทำให้เป็นข้อจำกัดในการที่ผู้วิจัยจะสุ่มผู้เรียนเข้าห้องเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องใช้การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (กลุ่มงานทะเบียนและสถิตินักศึกษา, 2561) และมีการสุ่มอย่างง่ายเพื่อกำหนดกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยแต่ละห้องมีนักศึกษาห้องละ 40 คน

#### 1.4.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

##### 1.4.3.1 ตัวแปรต้นคือ วิธีการเรียนการสอน

###### 1.4.3.1.1 การเรียนการสอนแบบปกติ

###### 1.4.3.1.2 การเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบน

สังคมคลาวด์

##### 1.4.3.2 ตัวแปรตามคือ ความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

#### 1.4.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 1 ภาคเรียน จำนวน 16 สัปดาห์

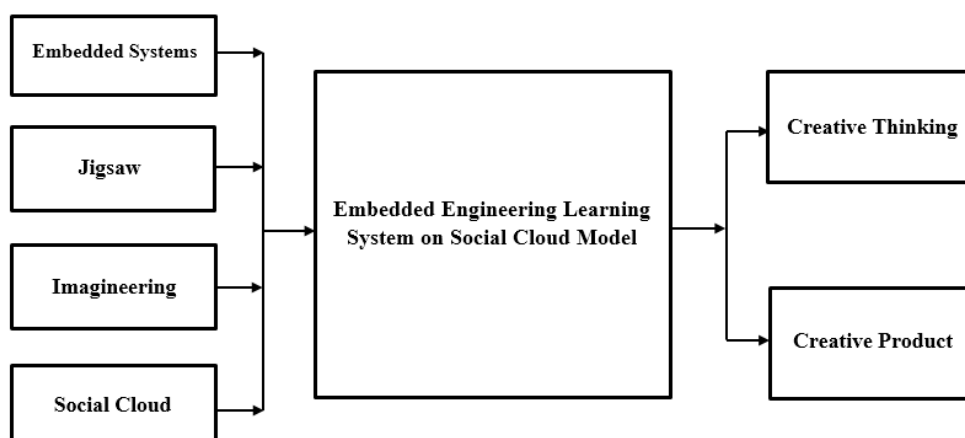
1.4.5 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยคือ วิชาไมโครโปรเซสเซอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

## 1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยเรื่องระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ประกอบด้วยหลักการต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย ดังต่อไปนี้

- 1.5.1 จินตวิศวกรรม (Imagineering)
- 1.5.2 เทคนิคจิ๊กซอว์ (Jigsaw Technique)
- 1.5.3 ระบบมองกลฝังตัว (Embedded System)
- 1.5.4 สังคมคลาวด์ (Social Cloud)
- 1.5.5 ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)
- 1.5.6 ผลงานสร้างสรรค์ (Creative Product)

กรอบแนวคิดการวิจัยเรื่องระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ แสดงดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย

## 1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.6.1 ผู้สอนเป็นผู้จัดกลุ่มให้กับผู้เรียนในการเรียนและการทำงานกิจกรรมต่าง ๆ โดยผู้สอนจะจัดกลุ่มด้วยการละความสามารถโดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ เก่ง ปานกลางและอ่อน

1.6.2 ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์สามารถใช้เชื่อมต่อกับบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino UNO R3

## 1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

ได้แนวทางในการนำระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ไปออกแบบระบบการเรียนรู้ในบริบทอื่น ๆ เช่น การศึกษาในระดับอาชีวศึกษาและการศึกษาขั้นพื้นฐาน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่น ๆ เช่น ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์เบื้องต้น และรายวิชาในหมวดวิทยาการคำนวณ

## 1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.8.1 วิชาไมโครโปรเซสเซอร์หมายถึง วิชาบังคับเฉพาะสำหรับหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตโดยสภาวิศวกรรม

1.8.2 สังคมคลาวด์ (Social Cloud) หมายถึงสภาพแวดล้อมในการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ที่นักศึกษาสามารถมีปฏิสัมพันธ์ เรียนรู้ร่วมกัน แบ่งปันทรัพยากรในเครือข่ายของกลุ่มนักศึกษาและอาจารย์ที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ และการทำงานร่วมกัน

1.8.3 กลุ่มทดลองหมายถึง นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยใช้วิธีการเรียนการสอนผ่านระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์

1.8.4 กลุ่มควบคุมหมายถึง นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยใช้วิธีการเรียนการสอนแบบปกติ

1.8.5 วิธีสอนแบบปกติหมายถึง การจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนระหว่างอาจารย์และนักศึกษา โดยอาจารย์และนักศึกษาสามารถมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างเรียนในห้องเรียนธรรมดา

1.8.6 ผลงานสร้างสรรค์หมายถึง สิ่งประดิษฐ์ที่เกิดจากกลุ่มผู้เรียนร่วมกันสร้างสรรค์ขึ้นหลังการเรียนผ่านกระบวนการเรียนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โดยมีการประเมินผลงานสร้างสรรค์จะประเมินตามสภาพจริงตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคส์

1.8.7 ความคิดสร้างสรรค์หมายถึง กระบวนการที่ช่วยพัฒนาความคิดของนักศึกษาที่เรียนผ่านระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ ให้สามารถสร้างสิ่งประดิษฐ์สร้างสรรค์ที่มีความแปลกใหม่ไม่เหมือนใครโดยนำความรู้เดิมมาประยุกต์หรือดัดแปลงให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้น โดยใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ตนเองของบริษัท AULIVE

1.8.8 ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวหมายถึง ระบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยออกแบบเพื่อสนับสนุนการเรียนระบบสมองกลฝังตัวของนักศึกษาผ่านสังคมคลาวด์ โดยในกระบวนการเรียนนี้ประกอบด้วยจินตวิศวกรรมและเทคนิคจิ๊กซอว์ สำหรับใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

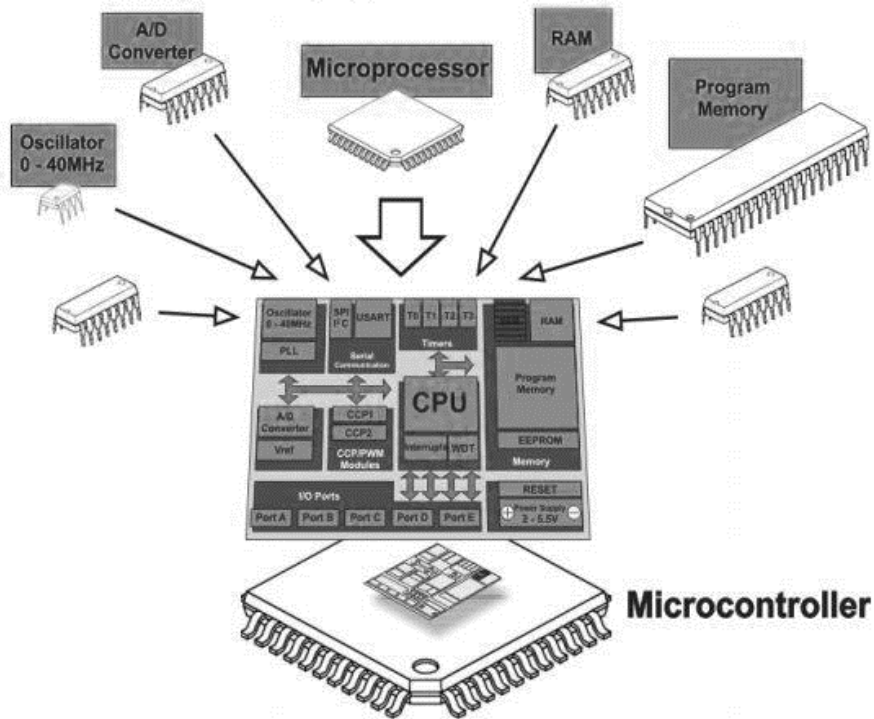
การนำเสนอรายงานการวิจัยเกี่ยวกับระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาดำรง เอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ซึ่งสามารถนำเสนอเป็น 10 หัวข้อโดยมีรายละเอียดดังนี้คือ 2.1 ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) 2.2 เทคนิคจิ๊กซอว์ (Jigsaw Technique) 2.3 สังคมคลาวด์ (Social Cloud) 2.4 จินตวิศวกรรม (Imagineering) 2.5 ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) 2.6 ผลงานสร้างสรรค์ (Creative Product) 2.7 แบบแผนการทดลอง 2.8 การทดสอบโปรแกรม 2.9 บริบท และ 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

#### 2.1 ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System)

##### 2.1.1 ประวัติสมองกลฝังตัว

ในปี ค.ศ.1960 Draper ได้พัฒนาระบบสมองกลฝังตัวห้องปฏิบัติการวัดคุมในสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์เครื่องแรกคือ Apollo Guidance Computer โดยการบูรณาการเกี่ยวกับขนาดของวงจรถ่ายและน้ำหนัก แต่มีนักวิชาการมองว่ามีความเสี่ยงเนื่องจากขนาดของวงจรถ่ายและน้ำหนักในการนำไปใช้งาน จึงทำให้ในปี ค.ศ. 1961 ได้พัฒนาระบบสมองกลฝังตัวจนสำเร็จและได้ตั้งชื่อว่า Autonetics D-17 guidance computer โดยผู้ผลิตได้แก้ปัญหาต่าง ๆ โดยการนำทรานซิสเตอร์ขนาดใหญ่และฮาร์ดดิสสำหรับเก็บข้อมูลมาใช้แทน (Shibu, 2009; Hughes Systique Corporation, 2016) จึงทำให้ระบบสมองกลฝังตัวมีราคาต่ำและมีพลังการประมวลผลและฟังก์ชันการทำงานที่เพิ่มขึ้น (Fan Zhuosi, n.d.; Li Chang & Jiang Lintong, n.d.) จึงทำให้ทหารนำไปใช้ในโครงการ Minute missile (Reihaneh, 2015; Hughes Systique Corporation, 2016) ต่อมาในปี ค.ศ. 1965 ได้มีการพัฒนาคอมพิวเตอร์แบบฝังในการวัดคุมเชิงพาณิชย์ ขนาด DEC'12 บิต PDP 8 (Hughes Systique Corporation, 2016) ในปี ค.ศ. 1966 ได้ผลิตระบบสมองกลฝังตัวรุ่นใหม่ได้โดยใช้ชื่อว่า Minuteman II ถือเป็นชิพประมวลผลรุ่นแรกที่มีขนาดเล็กและมีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น แต่มีราคาถูกลง (Reihaneh, 2015; Hughes Systique Corporation, 2016) ในปี ค.ศ.1968 Noyce and Moore ได้จัดตั้งบริษัท INTEL เพื่อพัฒนาเกี่ยวกับอิล็กทรอนิกส์ ในปี ค.ศ. 1969 ถือเป็นครั้งแรกที่มีการผลิตระบบสมองกลฝังตัวเพื่อควบคุมระบบเชื้อเพลิงในรถรุ่นโพล์สวาเกน 1600 missile (Hughes Systique Corporation, 2016) มาจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1971ถือว่าเป็น

ยุคแรกของไมโครโปรเซสเซอร์ โดย INTEL ได้เปิดตัวไมโครโปรเซสเซอร์ ขนาด 4 บิต รุ่น Intel 4004 ถูกออกแบบขึ้นมาสำหรับเป็นหน่วยประมวลผลกลางในเครื่องคิดเลข แต่ก็ยังคงใช้ฮาร์ดดิสภายนอกในการเก็บหน่วยความจำ ในปี ค.ศ. 1974 โดย INTEL ได้ออกแบบไมโครโปรเซสเซอร์ ขนาด 8 บิต รุ่น Intel 8008 และ 8080 ในขณะที่โมโตโล่าผลิตรุ่น MC 6800 (Hughes Systique Corporation, 2016) ดังแสดงในภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต (Joseph, 2014)

ต่อมาในต้นปี ค.ศ. 1980 ได้มีการออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการผนวกหน่วยความจำกับตัวชิปประมวลผลเข้าด้วยกันได้สำเร็จ นอกจากนั้นก็มีการปรับปรุงการใช้พลังงานและขนาด (Hughes Systique Corporation, 2016; Reihaneh, 2015) ซึ่งถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญของวงการไมโครคอนโทรลเลอร์ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแรกของโลกคือ Intel 8048 และต่อมาก็เป็นจุดเปลี่ยนของวงการไมโครคอนโทรลเลอร์อีกครั้งหนึ่ง เมื่อ Intel ได้เปิดตัว Intel 8051 ที่มาพร้อมกับเครื่องมือช่วยในการพัฒนาโปรแกรม (Software Developments Tools) จนได้รับการตอบรับจากผู้ใช้อย่างกว้างขวางและเป็นที่ยอมรับทั้งในระดับมหาวิทยาลัยและบริษัท (Fan Zhuosi, n.d.; วิรุพท์, 2557) ในปี ค.ศ. 1987 Win river ได้สร้างระบบปฏิบัติการสำหรับระบบสมองกลฝังตัวแบบเรียลไทม์สำหรับโครงการปฏิบัติการ MAR Mission โดยการสร้างรถสำรวจที่ชื่อว่า Mars Pathfinder ในปี ค.ศ. 1990 มีการออกแบบระบบสมองกลฝังตัวสำหรับการใช้



### 2.1.3 คุณลักษณะของระบบสมองกลฝังตัว

Tutorialspoint (2015) ได้แบ่งคุณลักษณะของระบบสมองกลฝังตัวได้ 7 ลักษณะคือ

1. ฟังก์ชันทำงานแบบเดี่ยว (Single-functioned)
2. ข้อจำกัดเฉพาะ (Tightly constrained)
3. การมีปฏิริยาและการตอบสนองทันที (Reactive and Real time)
4. ไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Microprocessors based)
5. หน่วยความจำ (Memory)
6. การเชื่อมต่อ (Connected) และ
7. ระบบ ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ (HW-SW systems) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ฟังก์ชันทำงานแบบเดี่ยว (Single-functioned) ระบบฝังสมองกลฝังตัวมักจะดำเนินการเฉพาะและทำซ้ำเหมือนกันหน่วยความจำ (Memory)

2. ข้อจำกัดเฉพาะ (Tightly constrained) ระบบคอมพิวเตอร์ทั้งหมดมีข้อจำกัดเกี่ยวกับตัวชี้วัดการออกแบบ แต่ระบบสมองกลฝังตัวจะมีข้อจำกัดโดยเฉพาะ ตัวชี้วัดการออกแบบคือการวัดคุณสมบัติการใช้งานเช่น ค่าใช้จ่าย ขนาดพลังงานและประสิทธิภาพ ต้องมีขนาดที่พอดีกับชิปตัวเดียวและสามารถทำงานได้เร็วพอที่จะประมวลผลข้อมูลได้แบบเรียลไทม์และใช้พลังงานขั้นต่ำเพื่อยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่

3. การมีปฏิริยาและเวลาจริง (Reactive and Real time) ระบบสมองกลฝังตัวจะต้องตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของระบบอย่างต่อเนื่องและต้องคำนวณผลการค้นหาแบบทันทีทันใด

4. ไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Microprocessors based) ต้องมีไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นองค์ประกอบ

5. หน่วยความจำ (Memory) ซอฟต์แวร์ในระบบสมองกลฝังตัวจะอยู่ในหน่วยความจำ ROM โดยไม่จำเป็นต้องมีหน่วยความจำสำรองในคอมพิวเตอร์

6. การเชื่อมต่อ (Connected) สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่อพ่วงที่เป็นอินพุตและเอาต์พุต

7. ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ (Hardware and Software) ด้านฮาร์ดแวร์ถูกใช้เพื่อประสิทธิภาพและความปลอดภัย (Tutorialspoint, 2015) โดยกระบวนการคือการประกอบชิ้นงาน (Assembling) ส่วนด้านระบบซอฟต์แวร์ใช้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติและความยืดหยุ่น (Tutorialspoint, 2015) โดยมีกระบวนการคือ 1. การเขียนโค้ด 2. การคอมไพล์โค้ดและ 3. การทดสอบ (Brian Wilson, 2008)

### 2.2.2 ส่วนประกอบของระบบสมองกลฝังตัว

Emilio (2015) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับส่วนประกอบของระบบสมองกลฝังตัวประกอบด้วย 4 อย่างคือ 1. หน่วยประมวลผล (Processor) 2. หน่วยความจำ (Memory) 3. ระบบเวลา (System Clock) และ 4. อุปกรณ์ต่อพ่วง (Peripherals) โดยแต่ละอย่างมีรายละเอียดดังนี้

1. หน่วยประมวลผล (Processor) คือส่วนหลักของระบบสมองกลฝังตัวเป็นตัวประมวลผลข้อมูล ซึ่งอาจเป็นไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไปหรือโปรแกรมควบคุม และได้รับการติดตั้งโปรแกรมเพื่อดำเนินการเฉพาะตามที่ได้มีการออกแบบระบบรวมไว้

2. หน่วยความจำ (Memory) หน่วยความจำอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนสำคัญของระบบสมองกลฝังตัว ซึ่งประกอบด้วย 1) RAM เป็นหนึ่งในส่วนประกอบฮาร์ดแวร์ที่เก็บข้อมูลไว้ชั่วคราวระหว่างการทำงานของระบบ 2) ROM เป็นหน่วยความจำถาวรมีขั้นตอนการป้อนข้อมูลเข้า ข้อมูลออกที่จำเป็นสำหรับระบบเวลาบูตเป็นประจำและ 3) Cache คือหน่วยความจำอย่างหนึ่ง ที่จัดเก็บข้อมูลชั่วคราวระหว่างการทำงานของประมวลผลและการถ่ายโอนข้อมูล จึงทำให้มีความเร็วในการเข้าถึงและการถ่ายโอนข้อมูลที่สูง

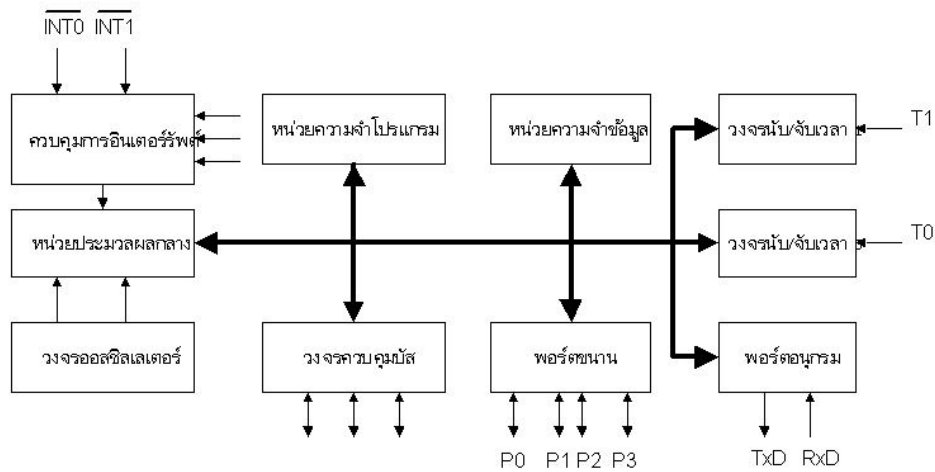
3. ระบบเวลา (System Clock) เป็นระบบที่ใช้สำหรับทุกกระบวนการทำงานบนระบบสมองกลฝังตัวและต้องการข้อมูลเวลาที่แม่นยำ โดยระบบนี้จะประกอบด้วยตัวสร้างความถี่สัญญาณนาฬิกาและวงจรดิจิทัลที่เกี่ยวข้อง

4. อุปกรณ์ต่อพ่วง (Peripherals) อุปกรณ์ต่อพ่วงจะถูกรวมไว้ในบอร์ดระบบสมองกลฝังตัวสำหรับอุปกรณ์ทั่วไปเช่นพอร์ตเครือข่าย แป้นพิมพ์ เม้าส์ พอร์ตหน่วยความจำและพอร์ตจอภาพ และสำหรับบอร์ดระบบสมองกลฝังตัวเฉพาะบางชนิดเช่น CAN-bus

#### 2.1.4 ประเภทของระบบสมองกลฝังตัว

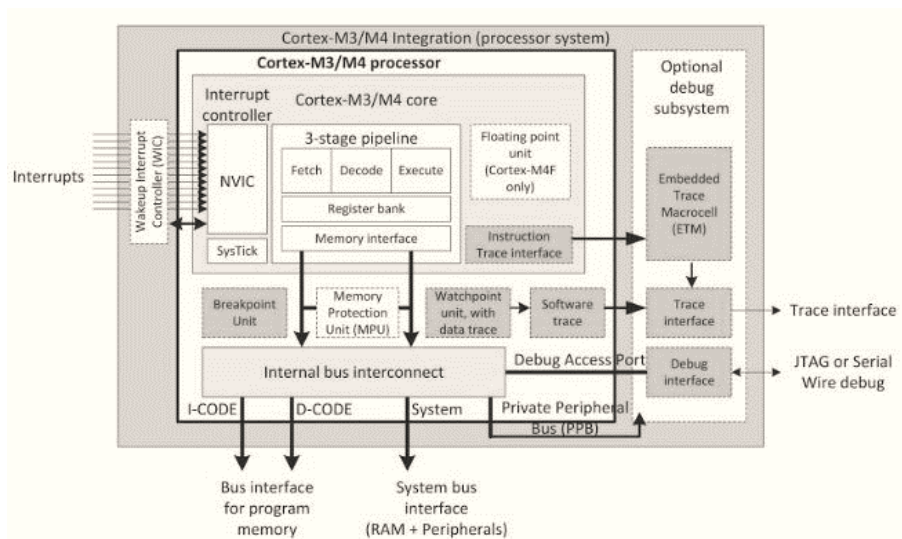
Shibu (2009); Dietmar (2016) ได้จัดแบ่งระดับความซับซ้อนและประสิทธิภาพการทำงานของระบบสมองกลฝังตัวไว้ 3 ระดับคือ 1. ระดับระบบสมองกลฝังตัวขนาดเล็ก (Small-Scale Embedded System) 2. ระดับระบบสมองกลฝังตัวขนาดกลาง (Medium-Scale Embedded System) และ 3. ระดับระบบสมองกลฝังตัวที่มีความซับซ้อน (Sophisticated Embedded Systems) โดยแต่ละระดับมีรายละเอียดดังนี้

1. ระบบสมองกลฝังตัวขนาดเล็ก (Small-Scale Embedded System) เป็นระบบที่มีฟังก์ชันการทำงานง่ายไม่ซับซ้อนรวมทั้งมีประสิทธิภาพต่ำและต้นทุนต่ำ นอกจากนี้ระบบสมองกลฝังตัวขนาดเล็กอาจมีหรือไม่มีระบบปฏิบัติการสำหรับการทำงานของระบบ โดยจะถูกควบคุมการทำงานผ่านไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ ขนาด 8 หรือ 16 บิต เช่นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 4 บิต รุ่น Intel 4004 ไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต รุ่น Intel 8008 8080 Z80 และไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต รุ่น Z80 MCS-51 (Shibu, 2009; Dietmar, 2016) ดังแสดงในภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 ตัวอย่างระบบสมองกลฝังตัวขนาดเล็ก (อูตม, 2547)

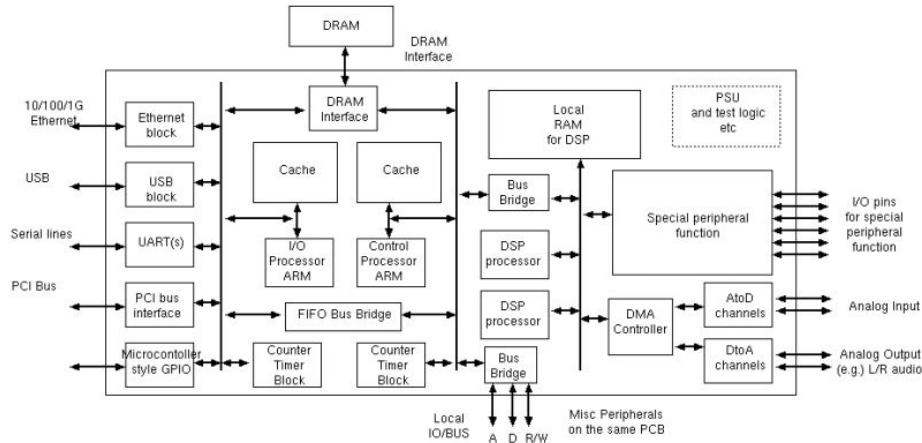
2. ระบบสมองกลฝังตัวขนาดกลาง (Medium-Scale Embedded System) เป็นระบบที่จำเป็นต้องใช้ไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ ขนาด 16 หรือ 32 บิต ดังแสดงในภาพที่ 2-4 เนื่องจากต้องใช้การประมวลผลสูงจึงทำให้ต้องใช้หน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่ เพื่อรองรับงานที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ โดยบางครั้งอาจจะใช้ชิปไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์มากกว่า 1 ตัว (Shibu, 2009; Dietmar, 2016)



ภาพที่ 2-4 ตัวอย่างระบบสมองกลฝังตัวขนาดกลาง (Joseph, 2014)

3. ระบบสมองกลฝังตัวที่มีความซับซ้อน (Sophisticated Embedded Systems) ระบบสมองกลฝังตัวชนิดนี้จะมีความซับซ้อนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่อาจจำเป็นต้องใช้ ASIP, IPs, PLAs, จึงมีความจำเป็นต้องใช้ไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับการออกแบบสำหรับการประมวลผลโดยเฉพาะขนาด 32 หรือ 64 ดังแสดงในภาพที่ 2-5 ซึ่งบางครั้งอาจจะต้องใช้

ชิปไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์มากกว่า 1 ตัว เพื่อรองรับการประมวลผลข้อมูลจำนวนมากหรือข้อมูลเฉพาะด้าน (Pallab et al., 2014; Rosli, 2010)



ภาพที่ 2-5 ตัวอย่างระบบสมองกลฝังตัวขนาดใหญ่ (Joseph, 2014)

### 2.1.5 ขั้นตอนการพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัว (Development Step)

Japan System House Association (2549) ได้แบ่งขั้นตอนการพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัว 7 ขั้นตอนคือ 1. ความต้องการ (Requirement) 2. การนิยามความต้องการหลัก (Requirement Definition) 3. การวางแผนพัฒนา (Development Plan) 4. การออกแบบภายนอก (External Design) 5. การออกแบบภายใน (Internal Design) 6. การผลิต (Production) และ 7. การทดสอบ (Testing) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. ความต้องการ (Requirement) คือกลยุทธ์ทางธุรกิจ ความต้องการเชิงสังคมและความต้องการของลูกค้าเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2. การนิยามความต้องการหลัก (Requirement Definition) คือการพิจารณาวิเคราะห์วัตถุประสงค์ของระบบ ฟังก์ชันการทำงาน ประสิทธิภาพและความต้องการเชิงโครงสร้าง เพื่อนำผลลัพธ์มาเขียนเป็นเอกสารที่ระบุรายละเอียดความต้องการให้ชัดเจน แล้วเขียนการดำเนินงานของระบบโดยละเอียด โดยบางครั้งจำเป็นต้องวางข้อบังคับหรือเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการดำเนินการตามความต้องการให้เกิดขึ้นจริง

3. การวางแผนพัฒนา (Development Plan) คือการกำหนดรายละเอียดให้ชัดเจน เพื่อให้สร้างกรอบวิธีการสร้างระบบ ผังการวางตัวขององค์ประกอบในระบบ ตารางเวลาหรือกำหนดการและเป้าหมายเชิงคุณภาพ เพื่อให้สามารถตรวจสอบความเหมาะสมหรือจุดตรวจสอบความก้าวหน้ารวมทั้งกิจกรรมการตรวจสอบ

4. การออกแบบภายนอก (External Design) คือการพิจารณาให้ครอบคลุมในส่วนของรายละเอียดหน้าที่การทำงานที่ระบุไว้ในเอกสารที่ระบุรายละเอียดความต้องการ นอกจากนี้ยังต้อง

กำหนดให้ชัดเจนเรื่องวิธีการปฏิบัติงาน ขอบเขตการใช้ฟังก์ชัน การทำงานที่ผิดปกติและหัวข้อ การทดสอบ โดยผลลัพธ์ต่าง ๆ จะนำไปสร้างเป็นเอกสารการออกแบบภายนอก

5. การออกแบบภายใน (Internal Design) คือการระบุวิธีการที่เป็นรูปธรรมในการดำเนินการ ตามหัวข้อที่กำหนดไว้ในเอกสารการออกแบบภายนอก โดยส่วนใหญ่ของขั้นตอนนี้จะเป็นการแบ่ง หน้าที่การทำงานระหว่างส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งรวมทั้งรายละเอียดข้อดีข้อเสียของ วิธีการต่าง ๆ

6. การผลิต (Production) คือกระบวนการผลิตอุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวทั้งฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ไปพร้อมกัน กระบวนการนี้ฝ่ายพัฒนาจะเป็นผู้รับผิดชอบโดยจะเริ่มตั้งแต่การออกแบบ การทดสอบ จนถึงการทำให้ผลิตภัณฑ์เสร็จสมบูรณ์

7. การทดสอบ (Testing) คือกระบวนการทดสอบจะต้องตรวจสอบแบบ (Design Verification) และการตรวจสอบรับรองคุณภาพ (Quality assurance verification) โดยจะตรวจสอบถึงขอบเขต หน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ตามที่ออกแบบไว้และการทำงานของผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสามารถนำ ออกจำหน่ายได้หรือไม่

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า ระบบสมองกลฝังตัวเป็นเทคโนโลยีในศตวรรษที่ 21 สามารถ ตอบสนองการทำงานทั้งในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม โดยระบบสมองกลฝังตัวมี ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นหัวใจหลักในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ และจะทำ หน้าที่รวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ซึ่งจะประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูลและโปรแกรมหรือพอร์ต หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผล โดยจะถูกบรรจุเข้าไปในตัวชิป จึงทำให้มีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ Top of Form ดังนั้นสถาบันการศึกษาจำเป็นต้องวางแผนและนโยบาย เกี่ยวกับการให้ความรู้เรื่องระบบสมองกลฝังตัวทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติแก่นักศึกษา

โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สรุปกระบวนการที่เกี่ยวกับระบบสมองกลฝังตัวไว้ 4 ขั้นตอนคือ

1. การประกอบ (Assembling)
2. การเขียนโปรแกรม (Coding)
3. คอมไพล์เลอร์ (Compile) และ
4. การทดสอบ (Testing)

## 2.2 เทคนิคจิ๊กซอว์ (Jigsaw Technique)

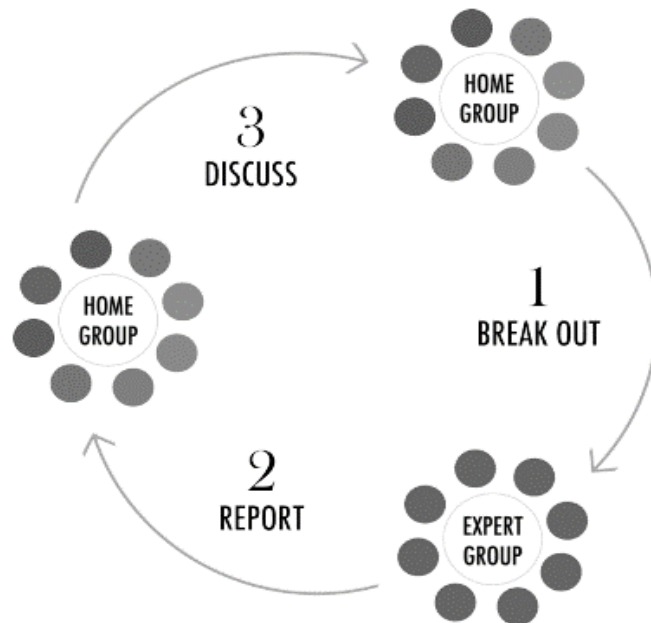
เทคนิคจิ๊กซอว์เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันที่มีประสิทธิภาพ โดยออกแบบมาเพื่อลดปัญหา ความขัดแย้งทางเชื้อชาติและเพิ่มความรับผิดชอบของผู้เรียนในการเรียนรู้ (BYU-Idaho, 2016; Cegnet, n.d.) โดยผู้เรียนแต่ละคนจะรู้บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบของตนเองและยังช่วยให้ ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่นโดยมีการปรึกษา แบ่งปันความคิด นอกจากนี้ผู้เรียนยังสามารถประเมิน การทำงานของสมาชิกในกลุ่มและหาทางปรับปรุงหากเกิดปัญหาในการทำงานของกลุ่ม (อัญญาปารย์,

2558) โดยเทคนิคจิ๊กซอว์ประกอบ 5 แบบคือด้วย 1. เทคนิคจิ๊กซอว์ 2. เทคนิคจิ๊กซอว์ 2 3. เทคนิคจิ๊กซอว์ 3 4. เทคนิคจิ๊กซอว์ 4 และ 5. เทคนิคจิ๊กซอว์ 5 โดยแต่ละแบบมีรายละเอียดดังนี้

#### 1. เทคนิคจิ๊กซอว์

ในปี ค.ศ. 1970 Aronson และเพื่อนร่วมงานและนักเรียนในสหรัฐอเมริกาได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิคจิ๊กซอว์เป็นการสอนที่อาศัยแนวคิดการต่อภาพ ต่อมาในปี ค.ศ. 1971 ได้มีการนำเทคนิคจิ๊กซอว์มาทดลองใช้สอนครั้งแรกในเมืองออสติน รัฐเท็กซัสและมีการใช้สอนกับห้องเรียนอีกจำนวนมาก โดยผลการเรียนการสอนในห้องเรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ถือว่ามีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลการศึกษาในเชิงบวกเป็นอย่างมาก นอกจากนั้นการเรียนการสอนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ยังเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและผู้เรียนจะเป็นแหล่งการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมก่อนการเรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์คือ ผู้สอนจำเป็นต้องแบ่งเนื้อหาสาระออกเป็นชิ้นส่วนโดยที่แต่ละชิ้นมีความสอดคล้องกันและแบ่งผู้เรียนให้อยู่ในกลุ่มบ้านพร้อมกับระบุกลุ่มผู้นำ นอกจากนี้ผู้สอนจำเป็นต้องฝึกผู้เรียนให้มีความเป็นผู้นำ (Social Psychology Network and Aronson, 2000) ตามภาพที่ 2-6 โดยมีกระบวนการเรียนดังนี้

Social Psychology Network and Aronson (2000) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับขั้นตอนของการเรียนโดยใช้เทคนิคจิ๊กซอว์ 10 ขั้นตอนคือ 1. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มบ้าน (Home Group) 5-6 คน 2. เลือกผู้นำ 1 คน จากสมาชิกในกลุ่มบ้านแต่ละกลุ่ม 3. แบ่งบทเรียนในแต่ละครั้งออกเป็น 5-6 ส่วน 4. มอบหมายงานให้ผู้เรียนแต่ละคนเพื่อศึกษาเรียนรู้ 5. ให้ความรู้ผู้เรียนศึกษาและทำความเข้าใจความคุ้นเคยกับงานที่ได้รับมอบหมาย 6. ให้ผู้เรียนจากกลุ่มบ้านแต่ละกลุ่มที่มีหัวข้อเดียวกันมารวมกันเพื่อสร้างกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group) เพื่อศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับหัวข้อที่ได้รับมอบหมายตามใบงานของสมาชิกในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ 7. นำผู้เรียนกลับเข้าไปในกลุ่มบ้านของผู้เรียน 8. ให้ผู้เรียนนำเสนอในกลุ่มบ้านของผู้เรียนแต่ละกลุ่มเกี่ยวกับรายละเอียดที่ได้ศึกษามา 9. สมาชิกในกลุ่มบ้านสามารถสังเกตการณ์กระบวนการเรียนจากกลุ่มบ้านอื่นๆ และ 10. เมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเกี่ยวกับเนื้อหา



ภาพที่ 2-6 กระบวนการเรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ (Institute for Teaching and Learning Innovation, n.d.)

## 2. เทคนิคจิ๊กซอว์ 2

ในปี ค.ศ. 1986 Slavin ได้พัฒนาเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 โดยนำแนวคิดมาจากเทคนิคจิ๊กซอว์ของ Aronson มาเป็นฐาน Slavin ได้ปรับปรุงวิธีการเกี่ยวกับเนื้อหาและคะแนน ซึ่งเทคนิคจิ๊กซอว์ 1 มีความคล้ายกับเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 โดยในกระบวนการของเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 ผู้เรียนทุกคนในกลุ่มบ้านต้องศึกษาบทเรียนทั้งหมดเหมือนกันแต่หัวข้อย่อยของเนื้อหานั้นจะแบ่งให้สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มบ้าน (Home Group) ไปศึกษารวมกับผู้เรียนที่มีหัวข้อย่อยเดียวกันในกลุ่มบ้านอื่น ๆ โดยกลุ่มดังกล่าวจะเรียกว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group) เพื่อศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับหัวข้อที่ได้รับมอบหมายตามใบงานของสมาชิกในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นผู้เรียนจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญต้องกลับไปสู่กลุ่มบ้านของผู้เรียนเพื่อแบ่งปันความรู้ที่ได้ศึกษามาให้ผู้เรียนในกลุ่มบ้านได้รับรู้ถึงข้อมูลที่ได้ศึกษามา ซึ่งหลังจากที่ได้ศึกษาการเรียนแล้วผู้เรียนทุกคนจะต้องเข้าสู่กระบวนการทำแบบทดสอบโดยผลคะแนนของผู้เรียนจะออกมาเป็นรายบุคคลและผลคะแนนของผู้เรียนในกลุ่มบ้านจะถูกนำมารวมกันเป็นคะแนนกลุ่มโดยการหาค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่ม วิธีนี้เหมาะสำหรับวิชาสังคมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเป้าหมายการเรียนรู้เน้นแนวคิดมากกว่าทักษะ (Slavin, 1990)

## 3. เทคนิคจิ๊กซอว์ 3

ในปี ค.ศ. 1994 Stahl ได้พัฒนาเทคนิคจิ๊กซอว์ 3 ได้นำแนวคิดมาจากเทคนิคจิ๊กซอว์ของ Slavin เทคนิคจิ๊กซอว์ 2 มาเป็นฐาน โดย Stahl ได้การเพิ่มกระบวนการทบทวนในขั้นตอนของเทคนิค จิ๊กซอว์ 3 (Holiday, 2002) ในกระบวนการของเทคนิคจิ๊กซอว์ 3 ผู้เรียนทุกคนในกลุ่มบ้าน

ต้องศึกษาบทเรียนทั้งหมดเหมือนกันแต่หัวข้อย่อยของเนื้อหานั้นจะแบ่งให้สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มบ้าน (Home Group) ไปศึกษารวมกับผู้เรียนมีหัวข้อย่อยเดียวกันในกลุ่มบ้านอื่น ๆ โดยกลุ่มดังกล่าวจะเรียกว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group) เพื่อศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับหัวข้อที่ได้รับมอบหมายตามใบงานของสมาชิกในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นผู้เรียนจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญต้องกลับไปสู่กลุ่มบ้านของผู้เรียนเพื่อแบ่งปันความรู้ที่ได้ศึกษามาให้ผู้เรียนในกลุ่มบ้านได้รับรู้ถึงข้อมูลที่ได้ศึกษามา โดยหลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาแล้วผู้สอนจะนำผู้เรียนเข้าสู่กระบวนการทบทวนโดยผู้สอนจะทบทวนและชี้แจงแนวคิดต่าง ๆ ที่ปรากฏขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้ในเรื่องที่ศึกษา ซึ่งหลังจากนั้นผู้เรียนทุกคนจะต้องเข้าสู่กระบวนการทำแบบทดสอบโดยผลคะแนนของผู้เรียนจะออกมาเป็นรายบุคคลและผลคะแนนของผู้เรียนในกลุ่มบ้านจะถูกนำมารวมกันเป็นคะแนนกลุ่มโดยการหาค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่ม (Holiday, 2002)

#### 4. เทคนิคจิ๊กซอว์ 4

ในปี ค.ศ. 2000 Holiday ได้พัฒนาเทคนิคจิ๊กซอว์ 4 ได้นำแนวคิดมาจากเทคนิคจิ๊กซอว์ของ Stahl เทคนิคจิ๊กซอว์ 3 มาเป็นฐาน โดย Holiday ได้การเพิ่มขึ้นขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ 3 ขั้นตอนคือ 1. ขั้นตอนการแนะนำเข้าสู่กระบวนการเรียน 2. ขั้นตอนทดสอบและ 3. ขั้นตอนทบทวน (Holiday, 2002) โดยในกระบวนการของเทคนิคจิ๊กซอว์ 4 จะเริ่มจากผู้สอนจะบรรยายแนะนำบทเรียนเกี่ยวกับวรรณกรรม คำถาม ปัญหาหรือการแสดงภาพยนตร์ให้กับผู้เรียน โดยมีวัตถุประสงค์คือการกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจในบทเรียน โดยผู้เรียนทุกคนในกลุ่มบ้านต้องศึกษาบทเรียนทั้งหมดเหมือนกันแต่หัวข้อย่อยของเนื้อหานั้นจะแบ่งให้สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มบ้าน (Home Group) ไปรวมตัวกับผู้เรียนมีหัวข้อย่อยเดียวกันในกลุ่มบ้านอื่น ๆ โดยกลุ่มดังกล่าวจะเรียกว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group) เพื่อศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับหัวข้อที่ได้รับมอบหมายตามใบงานของสมาชิกในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและผู้เรียนต้องทำการทดสอบเพื่อเช็ค ความถูกต้องของเนื้อหาที่ได้ศึกษาร่วมกัน โดยผู้สอนต้องจัดการเกี่ยวกับแบบทดสอบเพื่อประเมินความถูกต้องของคำตอบ หลังจากนั้นผู้เรียนจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญต้องกลับไปสู่กลุ่มบ้านของผู้เรียน เพื่อแบ่งปันความรู้ที่ได้ศึกษามาให้ผู้เรียนในกลุ่มบ้านได้รับรู้ถึงข้อมูลที่ได้ศึกษามา ผู้เรียนต้องเข้าสู่กระบวนการทดสอบเกี่ยวกับเนื้อหาที่ใช้ร่วมกันเพื่อตรวจสอบความถูกต้องโดยผู้เรียนจะถูกทดสอบจากเนื้อหาต้นฉบับทั้งหมด จากกระบวนการที่กล่าวมาแล้วนั้นผู้สอนจะนำผู้เรียนเข้าสู่กระบวนการทบทวนโดยผู้สอนจะทบทวนและชี้แจงแนวคิดต่าง ๆ ที่ปรากฏขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจอย่างถ่องแท้ในเรื่องที่ศึกษาและผู้เรียนทุกคนจะต้องเข้าสู่กระบวนการทำแบบทดสอบโดยผลคะแนนของผู้เรียน จะออกมาเป็นรายบุคคลและผลคะแนนของผู้เรียนในกลุ่มบ้านจะถูกนำมารวมกันเป็นคะแนนกลุ่มโดยการหาค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่ม (Holiday, 2002) หลังจากนั้นผู้สอนจะทำการสอนทบทวนเนื้อหาบางหัวข้อที่จำเป็นโดยผู้สอนจะดูจากผลการทดสอบของผู้เรียน

จากที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคจิ๊กซอว์ ซึ่งสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบขั้นตอนของการเรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์

ลำดับ	เทคนิคจิ๊กซอว์ 1 Jigsaw	เทคนิคจิ๊กซอว์ 2 Jigsaw II	เทคนิคจิ๊กซอว์ 3 Jigsaw III	เทคนิคจิ๊กซอว์ 4 Jigsaw IV
1	-	-	-	ขั้นตอนการแนะนำเข้าสู่กระบวนการเรียน
2	มอบหมายใบงานให้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	เหมือนเทคนิคจิ๊กซอว์ 1	เหมือนเทคนิคจิ๊กซอว์ 1	เหมือนเทคนิคจิ๊กซอว์ 1
3	สมาชิกในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญหาคำตอบ	เหมือนเทคนิคจิ๊กซอว์ 1	เหมือนเทคนิคจิ๊กซอว์ 1	สมาชิกตอบคำถามผู้เชี่ยวชาญ
4	-	-	-	ทดสอบ
5	สมาชิกกลับสู่กลุ่มบ้านเพื่อแชร์ข้อมูลกับเพื่อนร่วมทีม	เหมือนเทคนิคจิ๊กซอว์ 1	เหมือนเทคนิคจิ๊กซอว์ 1	เหมือนเทคนิคจิ๊กซอว์ 1
6	-	-	-	ทดสอบ
7	-	-	กระบวนการทบทวน	กระบวนการทบทวน
8	ทดสอบรายบุคคล	ทดสอบรายบุคคลและหาค่าเฉลี่ยกลุ่ม	ทดสอบรายบุคคลและหาค่าเฉลี่ยกลุ่ม	ทดสอบรายบุคคลและหาค่าเฉลี่ยกลุ่ม
9	-	-	-	สอนทบทวนเนื้อหา

หมายเหตุ : ปรับปรุงจาก Social Psychology Network and Aronson, 2000; Home 2002 และ Ninna et al., 2008

ขั้นตอนของการเรียนโดยใช้เทคนิคจิ๊กซอว์ 5 ขั้นตอนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะเวลาคือ ระยะเวลาที่ 1 จัดนักศึกษาเข้ากลุ่มบ้านและแบ่งเข้ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญตามหัวข้อ ระยะเวลาที่ 2 กลุ่มบ้านและ ระยะเวลาที่ 3 ทดสอบความเข้าใจ (Cegnet, n.d.) โดยมีรายละเอียดของแต่ละระยะดังนี้

ระยะที่ 1 จัดนักศึกษาเข้ากลุ่มบ้านและแบ่งเข้ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญตามหัวข้อ  
หน้าที่ของผู้สอนมีรายละเอียดดังนี้

1. แนะนำบทเรียนและทำการเชื่อมโยงบทเรียนให้ผู้เรียนเห็นภาพรวม รวมทั้งบอกถึงผลของการเรียนรู้ในและข้อระวังในแต่ละบทเรียน

2. กำหนดกฎพื้นฐานสำหรับการเรียน

หน้าที่ของผู้เรียนมีรายละเอียดดังนี้

1. ผู้เรียนเข้ากลุ่มบ้านและรับเนื้อหาสาระหรือหัวข้อตามที่คุณสอนจัด
2. ผู้เรียนเข้ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญกับผู้เรียนคนอื่นๆ ตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมายและช่วยกันศึกษาหาข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งนำข้อมูลที่ศึกษากลับไปแบ่งปันให้ผู้เรียนในกลุ่มบ้านเดิม

ระยะที่ 2 กลุ่มบ้าน

หน้าที่ของผู้เรียน

1. ผู้เรียนช่วยกันแบ่งปันข้อมูลซึ่งกันและกันภายในกลุ่มบ้าน โดยเรียงตามลำดับของข้อมูล

2. ผู้เรียนช่วยกันตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาสาระหรือหัวข้อ

3. ผู้เรียนในกลุ่มบ้านช่วยกันตรวจสอบและประเมินการวิธิตำเนินงานของกลุ่ม

ระยะที่ 3 ทดสอบความเข้าใจ

หน้าที่ของผู้สอน

1. ผู้สอนแจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงผลการเรียนรู้ที่คาดหวังไว้

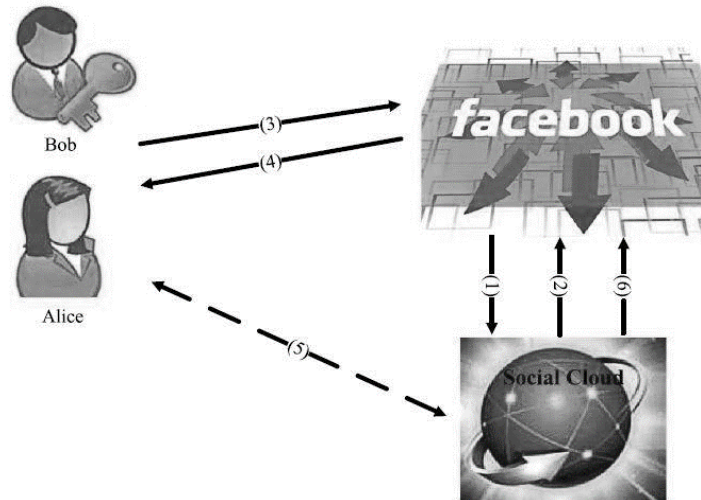
2. ผู้สอนเลือกวิธีการประเมินผู้เรียนว่าแต่ละคนเข้าใจเนื้อหาสาระทั้งหมดหรือไม่

จากการทบทวนวรรณกรรมเรื่องเทคนิคจิ๊กซอว์ตามที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 ของ Slavin ปี 1986 เพราะกระบวนการของเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 เหมาะสำหรับการเรียนการสอนของระบบสมองกลฝังตัวด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกระบวนการเรียนรู้นี้ผู้สอนจะจัดกลุ่มให้ผู้เรียนช่วยกันศึกษาและสร้างชิ้นงานแต่ละส่วน เพื่อนำมาประกอบเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ผู้สอนจะประเมินชิ้นงานที่สมบูรณ์โดยใช้คะแนนกลุ่มตามเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และการทำงานเป็นทีมในการสร้างสรรค์ชิ้นงานร่วมกัน

### 2.3 สังคมคลาวด์ (Social Cloud)

สังคมคลาวด์ (Social Cloud) เป็นรูปแบบการให้บริการและการใช้ทรัพยากรร่วมกันบนเครือข่ายสังคมโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในเครือข่ายสังคม (Chard et al., 2010; Kim, 2016) ผ่านโปรแกรมสื่อสังคมเช่น Facebook, Line and Flickr โดยผู้ใช้บริการต้องเข้ารหัส (Chard et al., 2011) ในโปรแกรมสื่อสังคม ซึ่งโปรแกรมสื่อสังคมจะเป็นตัวกลางในเชื่อมต่อความสัมพันธ์กับบุคคลต่าง ๆ ที่ผู้ใช้บริการให้ความไว้วางใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ทางสังคมและการทำงานร่วมกัน

นอกจากนี้ผู้ใช้บริการสื่อสังคมสามารถจัดกลุ่มการเชื่อมต่อได้ทั้งแบบเป็นรายบุคคลหรือแบบกลุ่ม (Chard et al., 2015) ดังแสดงในภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 การให้บริการและการใช้ทรัพยากรร่วมกันบนสังคมคลาวด์ (WANG et al., 2015)

### 2.3.1 องค์ประกอบของสภาพแวดล้อมบนสังคมคลาวด์ (Social Cloud Environment)

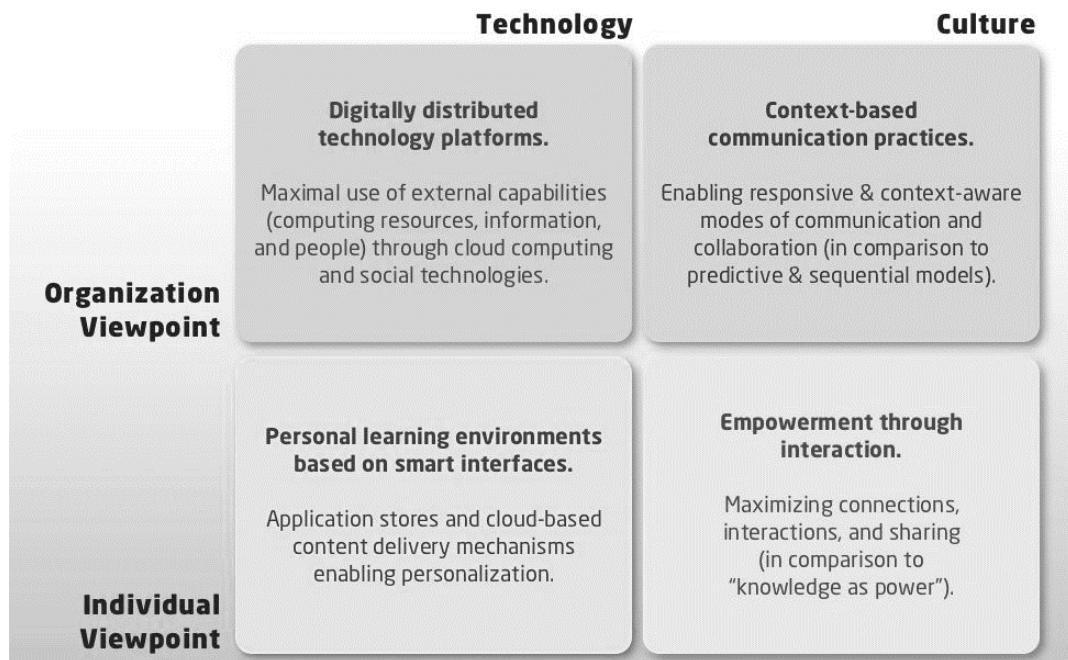
Teemu (2015) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้บนสังคมคลาวด์ (Social Cloud Learning Environment) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนคือ 1. แพลตฟอร์มเทคโนโลยีการกระจายดิจิทัล (Digitally Distributed Technology Platforms) 2. การปฏิบัติเกี่ยวกับการสื่อสารบนพื้นฐานของบริบท (Context-based Communication Practices) 3. สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ส่วนบุคคลบนพื้นฐานการเชื่อมต่อแบบอัจฉริยะ (Personal Learning Environments Based on Smart Interfaces) และ 4. การเพิ่มขีดความสามารถผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ (Empowerment Through Interaction) ดังแสดงในภาพที่ 2-8 โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1. แพลตฟอร์มเทคโนโลยีการกระจายดิจิทัล (Digitally Distributed Technology Platforms) คือการเพิ่มขีดความสามารถด้านภายนอกเช่น ทรัพยากรด้านข้อมูลและคนผ่านระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีทางสังคม การปฏิบัติเกี่ยวกับการสื่อสารบนพื้นฐานของบริบท

2. การปฏิบัติเกี่ยวกับการสื่อสารบนพื้นฐานของบริบท (Context-based Communication Practices) คือ การเปิดใช้งานโหมดการติดต่อสื่อสารที่ตอบสนองตามบริบทและความร่วมมือ

3. สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ส่วนบุคคลบนพื้นฐานการเชื่อมต่อแบบอัจฉริยะ (Personal Learning Environments Based on Smart Interfaces) คือ โปรแกรมการจัดเก็บข้อมูลและกลไกการนำเสนอเนื้อหาบนระบบคลาวด์ที่ช่วยในการปรับใช้เนื้อหาในรูปแบบส่วนตัว

4. การเพิ่มขีดความสามารถผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ (Empowerment Through Interaction) คือการเพิ่มการเชื่อมต่อ การโต้ตอบ และการแบ่งปันกับผู้อื่น



ภาพที่ 2-8 สภาพแวดล้อมสังคมคลาวด์ (Teemu, 2015)

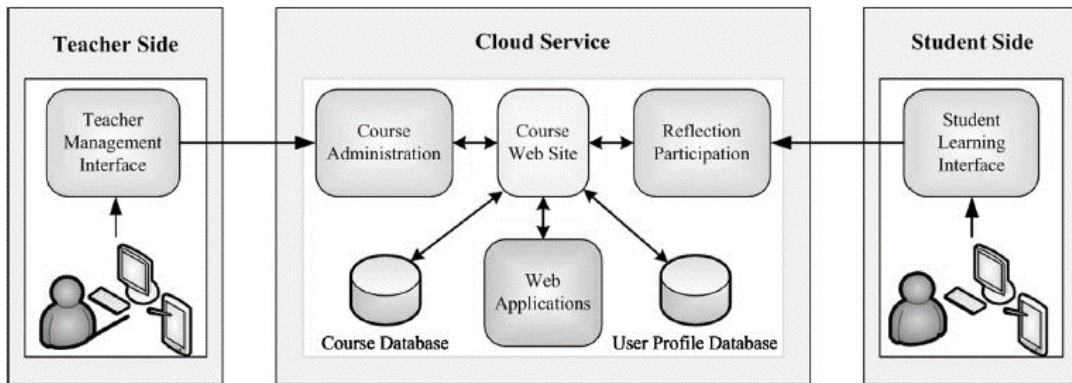
### 2.3.2 สภาพแวดล้อมการเรียนรู้บนระบบคลาวด์ (Social Cloud Learning Environment)

สภาพแวดล้อมการเรียนรู้บนระบบคลาวด์มีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือ 1.ด้านการบริการคลาวด์ 2. ด้านฝั่งผู้สอน และ 3. ด้านฝั่งผู้เรียน (LIN, 2014) ดังแสดงในภาพที่ 2-9 และแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านการบริการคลาวด์ประกอบด้วยเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูล ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถใช้บริการบนคลาวด์ โดยเว็บแอปพลิเคชันใช้เพื่อช่วยผู้สอนและผู้เรียนในการบริหารและดำเนินการกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผลสะท้อน ส่วนฐานข้อมูลประกอบด้วยฐานข้อมูลหลักสูตรและฐานข้อมูลโปรไฟล์ผู้ใช้ โดยฐานข้อมูลของหลักสูตรถูกสร้างขึ้นเพื่อจัดเก็บข้อมูลและแหล่งข้อมูลหลักสูตร แต่ในขณะที่ใช้ฐานข้อมูลโปรไฟล์ของผู้ใช้ จะใช้เก็บข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลการเรียนรู้และประวัติการศึกษาของผู้เรียน

2. ด้านฝั่งผู้สอน : ผู้สอนสามารถใช้ผลสะท้อนการเรียนรู้ เพื่อจัดการเกี่ยวกับคำแนะนำของหลักสูตรและดำเนินการกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถทราบผลการเรียนรู้

3. ด้านฝั่งผู้เรียน : ผู้เรียนสามารถเข้าสู่สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ โดยการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ในระหว่างหรือหลังเรียน



ภาพที่ 2-9 สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ด้วยระบบคลาวด์ (LIN, 2014)

## 2.4 จินตวิศวกรรม (Imagineering)

จินตวิศวกรรม (Imagineering) เป็นการรวมของคำว่าจินตนาการ (Imagine) กับคำว่าวิศวกรรม (Engineering) จินตวิศวกรรมเป็นรูปแบบที่ช่วยให้ผู้เรียนรู้จักวิธีแก้ไขปัญหาของตนเองโดยใช้ความรู้ที่มีอยู่ (Center for Imagineering Leadership and Renewal, 2011) โดยสามารถสร้างชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมที่เป็นรูปธรรมจับต้องได้จริงจากจินตนาการและความคิด โดยกระบวนการของจินตวิศวกรรมได้ผ่านการสังเคราะห์มาจากวอลท์ดิสนีย์ (Wright, 2008) ซึ่งมีความสอดคล้องกับความคิดของไอสไตน์ที่ได้กล่าวว่า จินตนาการสำคัญกว่าความรู้ (Calkin and Karlson, 2014)

จินตวิศวกรรมเป็นแนวคิดใหม่ของการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณลักษณะเฉพาะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2555) โดยเฉพาะผู้เรียนในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้องมีการบูรณาการโดยเน้นพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การออกแบบและการสร้างทักษะต่าง ๆ (มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, ม.ป.ป) สิ่งเหล่านี้จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์รวมทั้งสามารถสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมได้ (Partnership for 21st Century Skills, 2009)

### 2.4.1 คุณลักษณะของการเรียนด้วยจินตวิศวกรรม (ปรัชญนันท์ และปณิตา, 2556)

การเรียนรู้ด้วยจินตวิศวกรรมประกอบด้วยคุณลักษณะ 6 ประการคือ

1. การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนโดยผู้เรียนเป็นสำคัญ และนำไปสู่ผลงานที่เป็นนวัตกรรมความคิดสร้างสรรค์
2. การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะต้องจินตนาและใช้ความคิดอ่านในการที่จะแก้ไขปัญหาจากโจทย์ที่กำหนดด้วยตนเองหรือร่วมกับผู้อื่น
3. การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องฝึกทำงานร่วมกับผู้อื่น การทำงานเป็นกลุ่ม การทำงานเป็นทีมและต้องสื่อความหมายกับผู้อื่นได้

4. การเรียนรู้แบบจินตวิศกรรม เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องฝึกความกล้าในการแสดงออก และรู้จักที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ๆ พร้อมยอมรับและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด

5. การเรียนรู้แบบจินตวิศกรรม เป็นการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดและทักษะการปฏิบัติ มากกว่าการสอนเพียงเนื้อหา ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จริงและมีทักษะปฏิบัติได้

6. การเรียนรู้แบบจินตวิศกรรม เป็นการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการปฏิรูปการเรียนรู้ที่ผู้เรียน เป็นศูนย์กลางและผู้สอนเป็นผู้แนะนำอำนวยความสะดวก

#### 2.4.2 ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยจินตวิศกรรม

Wright (2008) ได้กล่าวว่า ธุรกิจหลายแห่งได้ปรับขั้นตอนจินตวิศกรรม ในสภาพแวดล้อม เฉพาะของตนโดยมุ่งเน้นการปฏิบัติที่ดีที่สุด นอกจากนี้จินตวิศกรรม ตามที่ปฏิบัติโดยองค์กร ของดิสเนี่ยอาจถูกวิเคราะห์เป็น 8 ขั้นตอนเชิงกลยุทธ์คือ 1. การกำหนดขอบเขตการพัฒนา (Setting Development Boundaries) 2. ความคิดท้องฟ้าใส (Blue Sky Thinking) 3. ระดมสมอง (Brainstorming) 4. นั่งในมุมมืด (Dark Corner Sitting) 5. การสร้างระดับให้สูง (Creating an Elevation) 6. จลศาสตร์ (Kinetics) 7. การเก็บรวบรวม (Accumulating) และ 8. การแสดงหรือ การนำเสนอ (Acting of Presentint) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. การกำหนดขอบเขตการพัฒนา (Setting Development Boundaries) ผู้สร้างจินตนาการ สามารถใช้งานได้ในพื้นที่ของสถาปัตยกรรม ชิ้นส่วนอุปกรณ์ประกอบฉากและส่วนประกอบ การแสดงผล

2. ความคิดท้องฟ้าใส (Blue Sky Thinking) ขั้นตอนแรกคือต้องคิดว่าทุกอย่างเป็นไปได้ โดย ไม่จำเป็นต้องพิจารณาเงื่อนไขอื่นใดที่อาจส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์และทำให้ 'ท้องฟ้า' กลายเป็น มืดครึ้ม

3. ระดมสมอง (Brainstorming) คือกระบวนการรวบรวมวัตถุประสงค์ทั่วไปจากความเป็นไป ได้ต่างๆ ภายในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งกระบวนการการระดมความคิดถือเป็นจะผลิตความคิด "ดีที่สุด

4. นั่งในมุมมืด (Dark Corner Sitting) คำนี้ใช้เพื่ออธิบายการทำงานของสถานที่ที่ทึ่งเกี่ยวกับ น่าสนใจสำหรับฝูงชน การนั่งอยู่ในมุมมืดจะช่วยให้เห็นถึงแตกต่างระหว่างอุปกรณ์ประกอบฉากและ การควบคุมแสง

5. การสร้างระดับให้สูง (Creating an Elevation) จินตนาการถึงสิ่งที่เราสามารถมองเห็นได้ จากมุมต่าง ๆ ไปยังวัตถุหรือแบบจำลองที่เราต้องการสร้าง

6. จลศาสตร์ (Kinetics) กระบวนการนี้เป็นหนึ่งในการเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างการ เคลื่อนไหวทางกายภาพและผลกระทบของปฏิกริยากับการเคลื่อนไหวที่ วัตถุที่เคลื่อนที่และขับเคลื่อน บนหน้าจอบนจออาจดูราวกับว่าเป็นของจริงตัวอย่าง

7. การเก็บรวบรวม (Accumulating) ผู้ใช้จินตนาการหลายคนพยายามที่จะพัฒนางานของตนต่อไปแม้ว่าพวกเขาจะได้พบกับความต้องการขั้นพื้นฐาน

8. การแสดงหรือการนำเสนอ (Acting or Presenting) เป็นการนำเสนอโครงการที่เสร็จสมบูรณ์ให้คนส่วนใหญ่รับรู้ถึงสิ่งที่เป็นอย่างอยู่

ต่อไปในปี 2556 ปรัชญนันท์และปณิตาได้นำเสนอกระบวนการเรียนด้วยจินตวิศวกรรมประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ คือ 1. การจินตนาการ (Imagine) 2. การออกแบบ (Design) 3. การพัฒนา (Develop) 4. การนำเสนอ (Present) 5. การปรับปรุง (Improvement) และ 6. การประเมินผล (Evaluate) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การจินตนาการ (Imagine) ได้แก่ ขั้นตอนการกำหนดโจทย์จินตนาการของผลงาน (Problem) ขั้นตอนการระดมสมองจินตนาการผลงาน (Brainstorm) ขั้นตอนการแสดงความคิดเห็น (Discussion) และขั้นตอนการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของจินตนาการ (Feasibility)

2. การออกแบบ (Design) ได้แก่ ขั้นตอนการร่างแบบ (Draft) ขั้นตอนการเขียนสตอรี่บอร์ด (Story board) ขั้นตอนการเขียนสคริปต์ (Script) และขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง (Prototype)

3. การพัฒนา (Develop) ได้แก่ ขั้นตอนการสร้าง (Create) และขั้นตอนการทดสอบการทำงาน (Testing)

4. การนำเสนอ (Present) ได้แก่ ขั้นตอนการแสดงผลงาน (Show) ขั้นตอนการแข่งขัน (Contest) และขั้นตอนการรับฟังความคิดเห็น (Suggestion)

5. การปรับปรุง (Improvement) ได้แก่ ขั้นตอนการแก้ไขผลงาน (Revised) และขั้นตอนการสรุปผลงาน (Conclusion)

6. การประเมินผล (Evaluate) ได้แก่ ขั้นตอนการประเมินตามจินตนาการ (Process Evaluation) และขั้นตอนการประเมินคุณภาพงาน (Product Evaluation)



ภาพที่ 2-10 กระบวนการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม (ปรัชญนันท์ และปณิตา, 2556)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับจินตนิเวศกรรม ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาจินตนิเวศกรรมของ  
ปรัชญนันท์และปณิตา เพราะกระบวนการดังกล่าวเป็นกระบวนการที่สามารถรองรับการเรียนการสอนที่  
เกี่ยวกับการสร้างสิ่งประดิษฐ์ สร้างผลงานและชิ้นงาน

## 2.5 ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)

ความคิดสร้างสรรค์ถือเป็นทักษะที่สำคัญทักษะหนึ่งในศตวรรษที่ 21 (21<sup>st</sup> Century Skills)  
(Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills, 2009) ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์  
นวัตกรรมและวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ

Osborn (1957) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นจินตนาการที่นำไปสู่การสร้างผลงานให้เกิดขึ้น  
ใหม่ หรือเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ

Torrance (1965) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์คือกระบวนการที่บุคคลต้องการแก้ปัญหาโดย  
การค้นหาวิธีการแก้ไขปัญหหรือตั้งสมมติฐานเพื่อทำการทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าสามารถนำเอาผลที่  
ได้ไปแสดงแก่ผู้อื่นได้

Guilford (1967) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์คือความสามารถพิเศษทางสมองที่คิดได้  
หลากหลาย ซึ่งความคิดต่าง ๆ นี้สามารถนำไปสู่การสร้าง ประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ นอกจากนี้ความคิด  
สร้างสรรค์ยังช่วยในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

Anderson (1970) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์คือการสร้างความคิดหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ โดย  
ผ่านความรู้และประสบการณ์ที่ผ่านมาของแต่ละบุคคล

Reilly and Lewis (1983) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการที่เกี่ยวกับจินตนาการของ  
ตัวเองโดยไม่ซ้ำกับคนอื่น เพื่อนำไปสู่ผลงาน

Good and Brophy (1994) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์คือผลงานหรือความคิดที่มีความ  
แปลกใหม่และมีคุณค่า ซึ่งต้องเป็นที่ยอมรับ มีความถูกต้องและสามารถใช้งานได้

ชาญณรงค์ (2546) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของสมองที่คิดสิ่งแปลกใหม่  
นอกจากนี้ยังเป็นความสามารถในการมองเห็นสิ่งต่าง ๆ รอบตัวจนทำให้เกิดการเรียนรู้ซึ่งส่งผลให้เกิด  
ความคิดเชิงจินตนาการ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญของการคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ

เกรียงศักดิ์ (2553) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์คือความคิดในแง่บวก (Positive Thinking)  
การคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ (Creative Thinking) ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ดังนี้ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองในการคิดหา  
คำตอบใหม่ ๆ หรือเป็นความสามารถในการมองเห็นสิ่งต่าง ๆ รอบตัวที่ทำให้เกิดจินตนาการเพื่อ  
นำไปสู่สิ่งใหม่ ๆ ในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมใหม่รวมทั้งความคิดเพื่อแก้ไขปัญหา  
ต่าง ๆ โดยสิ่งต่าง ๆ ต้องเป็นสิ่งที่ไม่เคยมีใครคิดมาก่อน นอกจากนั้นยังต้องเป็นประโยชน์ต่อสังคม

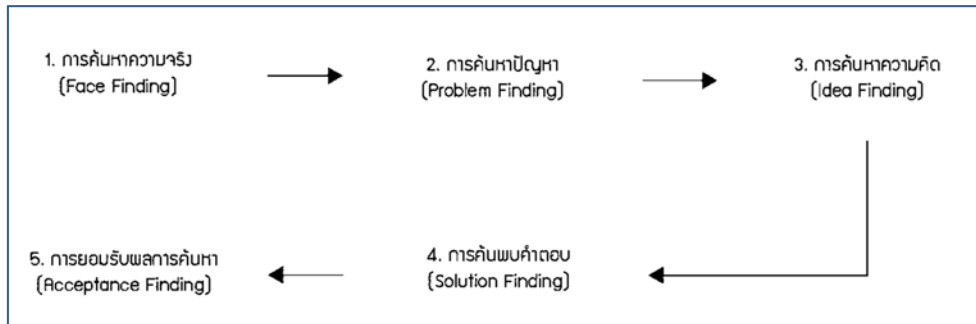
### 2.5.1 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

Osborn (1963) ได้เสนอกระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนคือ

1. ระบุประเด็นปัญหา (Problem Identification) เป็นกระบวนการระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข
2. การจัดเตรียม (Preparation) เป็นขั้นตอนเกี่ยวกับการเตรียมตัวและรวบรวมข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหา
3. การวิเคราะห์ (Analysis) วิเคราะห์ข้อมูล แยกแยะและการแบ่งข้อมูลเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง
4. ความคิด (Ideation) การใช้ความคิดในการหาวิธีทางเลือกต่าง ๆ อย่างรอบคอบ รวมทั้งต้องหาทางเลือกที่เป็นไปได้ไว้หลายแนวทาง
5. การบ่มเพาะความคิด (Incubation) เป็นขั้นตอนที่ทำให้ความคิดชัดเจนขึ้น
6. สังเคราะห์ (Synthesis) เป็นขั้นตอนการรวบรวมส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน
7. การประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนการคัดเลือกทางเลือกหรือคำตอบที่ดีที่สุด

จากนั้น Torrance (1965) ได้เสนอกระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ

1. การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact Finding) 2. การค้นพบปัญหา (Problem-Finding) 3. ถ้าค้นพบความคิด (Ideal-Finding) 4. การค้นพบคำตอบ (Solution-Finding) และ 5. การยอมรับจากการค้นพบ (Acceptance-Finding) โดยแต่ละขั้นมีรายละเอียดดังนี้คือ
1. การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact Finding) เริ่มจากความรู้สึกที่ไม่สามารถหาปัญหาว่าเกิดจากอะไร
2. การค้นพบปัญหา (Problem-Finding) เป็นการคิดจนทำให้เกิดความเข้าใจจนสามารถทำให้สามารถบอกถึงต้นตอของปัญหา
3. ถ้าค้นพบความคิด (Ideal-Finding) คือการคิดและการตั้งสมมติฐานตลอดจนการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อทดสอบความคิด
4. การค้นพบคำตอบ (Solution-Finding) เป็นการทดสอบสมมติฐานจนสามารถหาคำตอบได้
5. การยอมรับจากการค้นพบ (Acceptance-Finding) เป็นการยอมรับคำตอบที่ค้นพบ ซึ่งจะนำไปสู่แนวความคิดใหม่ต่อไป



ภาพที่ 2-11 กระบวนการความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (กฤษณพงศ์ , 2560)

Guilford (1967) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์มี 3 ข้อคือ

1. มีความคิดริเริ่ม 2. มีความคิดคล่องแคล่ว และ 3. มีความยืดหยุ่น โดยแต่ละข้อมีรายละเอียดดังนี้

1. มีความคิดริเริ่มหมายถึง มีความคิดที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับใครและแตกต่างจากความคิดธรรมดาหรืออาจเกิดจากการนำความรู้เดิมมาดัดแปลงและประยุกต์ให้เป็นสิ่งใหม่หรือความคิดจินตนาการประยุกต์ โดยเป็นการคิดและหาทางสร้างผลงานด้วยความคิดริเริ่มประกอบด้วย 3 ประการดังนี้

1.1 ลักษณะทางกระบวนการคือ กระบวนการคิดและสามารถแตกจากความคิดเดิมไปสู่ความคิดใหม่

1.2 ลักษณะของบุคคลคือ บุคคลที่มีความเชื่อมั่น กล้าคิด กล้าแสดงออก และมีสุขภาพจิตดีพร้อมที่จะเผชิญหรือเสี่ยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ

1.3 ลักษณะทางผลิตผลคือ ผลที่เกิดจากความคิดริเริ่มซึ่งสามารถนำมาสร้างเป็นผลงานที่ไม่เคยปรากฏมาก่อนแต่มีคุณค่าต่อตนเองและส่วนรวม

2. มีความคิดคล่องแคล่วหมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกันในด้านต่าง ๆ เช่นด้านถ้อยคำ ด้านความสัมพันธ์ ด้านการแสดงออกและด้านความคิด

3. มีความยืดหยุ่นหมายถึง ความคิดที่เสนอเรื่องราวเดียวกันในแบบต่าง ๆ หรือความสามารถในการดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่ในเรื่องต่าง ๆ

ต่อมาในปี 1970 Guilford ได้เพิ่มเติมองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์อีก 1 ข้อคือความคิดละเอียดลออ (Elaboration) คือความคิดในรายละเอียดของเรื่องต่าง ๆ หรือความคิดอย่างมีขั้นตอน ซึ่งสามารถอธิบายให้เห็นภาพได้อย่างชัดเจน

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยสามารถเปรียบเทียบกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ของ Osborn (1963) Torrance (1965) Guilford, (1967) และ Guilford (1970) โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การเปรียบเทียบกระบวนการความคิดสร้างสรรค์

Osborn, 1963	Torrance, 1965	Guilford, 1967	Guilford, 1970
1. ระบุประเด็นปัญหา (Problem Identification)	1. การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact Finding)	1. มีความคิดริเริ่ม (Originality)	1. มีความคิดริเริ่ม (Originality)
2. การจัดเตรียม (Preparation)	2. การค้นพบปัญหา (Problem-Finding)	2. มีความคิดคล่องแคล่ว (Fluency)	2. มีความคิดคล่องแคล่ว (Fluency)
3. การวิเคราะห์ (Analysis)	3. กล้าค้นพบความคิด (Ideal-Finding)	3. มีความยืดหยุ่น (Flexibility)	3. มีความยืดหยุ่น (Flexibility)
4. ความคิด (Ideation)	4. การค้นพบคำตอบ (Solution-Finding)		4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration)
5. การบ่มเพาะความคิด (Incubation)	5. การยอมรับจากการค้นพบ (Acceptance Finding)		
6. สังเคราะห์ (Synthesis)			
7. การประเมิน (Evaluation)			

#### 2.5.4 ประเภทของความคิดสร้างสรรค์

Ben (n.d.) ได้เสนอประเภทของความคิดสร้างสรรค์ 4 ประเภทคือ

1. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทการเปลี่ยนแปลง (Invention) เป็นแนวคิดที่อธิบายเกี่ยวกับการสร้างผลิตภัณฑ์ บริการหรือกระบวนการใหม่
2. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทการสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นการผสมผสานแนวคิดต่าง ๆ และปัจจัยที่มีอยู่เข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้เกิดแนวคิดใหม่ๆ

3. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทต่อเนื่อง (Extension) เป็นการผสมผสานกันของความคิดสร้างสรรค์ประเภทการเปลี่ยนแปลงกับความคิดสร้างสรรค์ประเภทสังเคราะห์ (อุชฌีย์, 2537) ส่งผลให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริการหรือกระบวนการจากต้นแบบเดิม

4. ความคิดสร้างสรรค์ประเภทการลอกเลียน (Duplication) เป็นการจำลอง ทำซ้ำหรือลอกเลียนแบบจากผลิตภัณฑ์บริการและกระบวนการที่มีอยู่แล้ว

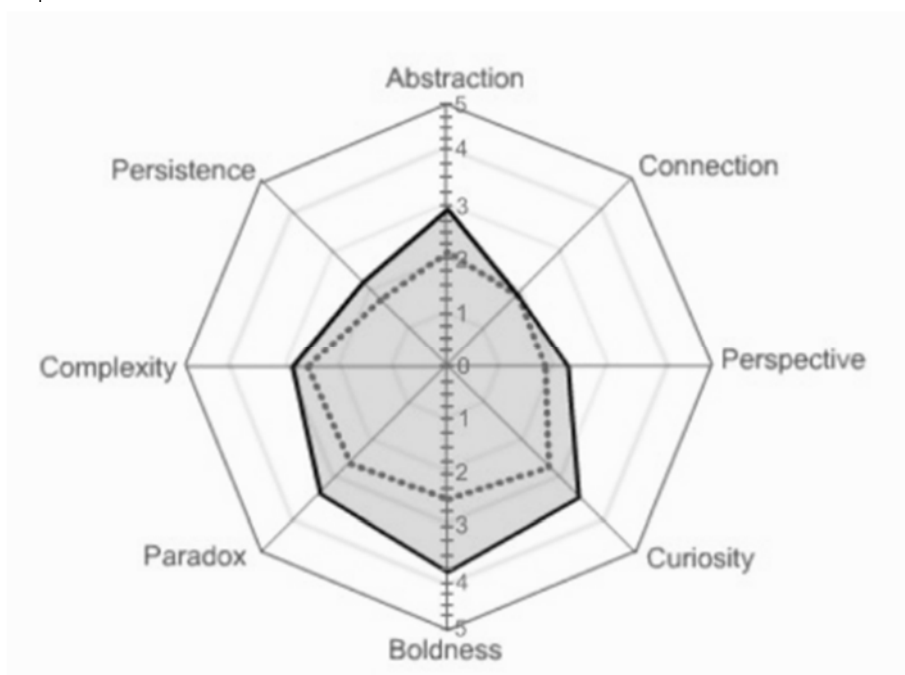
จากที่กล่าวมาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า เมื่อคนมีความคิดสร้างสรรค์ จะส่งผลให้สามารถสร้างสรรค์ผลงานหรือสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นประโยชน์ที่ช่วยให้โลกเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม ฯลฯ เช่น เลโอนาร์โด ดา วินชี เป็นผู้ออกแบบนวัตกรรมหลายอย่าง ซึ่งผลงานของเขาส่วนใหญ่มักเป็นพื้นฐานของสิ่งประดิษฐ์ในปัจจุบันนี้ด้วย เช่น เฮลิคอปเตอร์ เรือท้องแบน เรือดำน้ำ เครื่องแต่งกายมนุษย์กับ ปืนกล และประดิษฐ์ไฮโดรมิเตอร์ เป็นต้น

บริษัท AULVE ถือเป็นผู้ดำเนินการออกแบบความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อสร้างมูลค่าด้วยการวิจัยและพัฒนาในด้านนวัตกรรม 20 ปี โดยบริษัท AULVE ได้ดำเนินงานเกี่ยวกับการออกแบบความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมให้กับบริษัทต่าง ๆ มากมาย เช่น Shell, Siemens, SKF, TATA, Toyota, Unilever จากประสบการณ์ดังกล่าวบริษัท AULVE จึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องมือในการประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์เพื่อใช้ประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละบุคคล ประกอบด้วย 40 คำถาม แบ่งออกเป็น 8 ด้าน คือ

1. สิ่งที่เป็นนามธรรม (Abstraction) ประเมินเกี่ยวกับความสามารถในแนวคิดรวบยอดจากแนวคิด
2. ความกล้า (Boldness) ประเมินเกี่ยวกับความมั่นใจที่จะผลักดันให้เกิดความยอมรับจากบุคคลอื่น
3. ความซับซ้อน (Complexity) ประเมินเกี่ยวกับความสามารถในการเก็บข้อมูลจำนวนมาก และสามารถจัดการความสัมพันธ์ในการเชื่อมต่อระหว่างข้อมูลดังกล่าว
4. การเชื่อมต่อ (Connection) ประเมินเกี่ยวกับความสามารถในการเชื่อมต่อระหว่างสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่ได้มีการเชื่อมต่อที่ชัดเจน
5. ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) ประเมินเกี่ยวกับความปรารถนาที่จะเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงสิ่งที่คนอื่นยอมรับเป็นบรรทัดฐาน
6. ความขัดแย้ง (Paradox) ประเมินเกี่ยวกับความสามารถในการยอมรับและทำงานร่วมกับปัญหาที่ขัดแย้งกัน
7. ความคงอยู่ (Persistence) ประเมินเกี่ยวกับความสามารถในการบังคับตัวเองให้พยายามหาทางแก้ปัญหาที่เข้มแข็งขึ้นแม้ว่าจะมีคนเคยหาทางแก้ไขที่ตีไว้แล้ว

8. มุมมอง (Perspective) ประเมินเกี่ยวกับความสามารถในการเปลี่ยนมุมมองของผู้คนในสถานการณ์ ด้านพื้นที่ เวลาและคนอื่น ๆ

โดยเครื่องมือดังกล่าวทางบริษัท AULVE ได้เปิดให้ใช้บริการฟรีและเครื่องมือนี้ยังเป็นที่ยอมรับทั้งทางด้านธุรกิจและด้านวิชาการ



ภาพที่ 2-12 การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 8 ด้านของบริษัท AULVE (AULVE. n.d.)

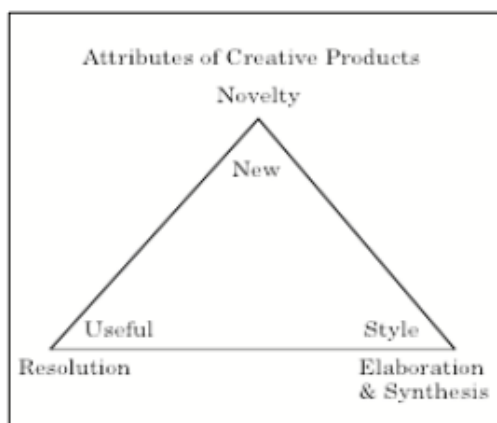
จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของ บริษัท AULVE เพราะแนวคิดดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือและเหมาะสมกับการประเมินชิ้นงานที่พัฒนาขึ้นทั้งด้านซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ผ่านระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยแนวคิดยังเป็นองค์ประกอบที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถประเมินชิ้นงานของนักศึกษาได้อย่างเหมาะสม

## 2.6 ผลงานสร้างสรรค์ (Creative Product)

Besemer และ O'Quin (1993) กล่าวว่าผลงานสร้างสรรค์ต้องมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่เกิดจากบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์และกระบวนในการสร้างวัตถุที่จับต้องได้ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นตัวแทนในการวัดความคิดสร้างสรรค์ของคน โดยเกณฑ์สำหรับการประเมินผลงานสร้างสรรค์ส่วนใหญ่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์โดยมุ่งเน้นไปที่ความคิดสร้างสรรค์ของคนและกระบวนในการผลิต Besemer and Treffinger (1981) ต่อมา Besemer and Treffinger (1981) ได้เสนอ The Creative Product Analysis Matrix หรือที่เรียกว่า CPAM ซึ่งต่อมาเป็นรูปแบบสามมิติของความคิดสร้างสรรค์ใน

ผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ข้อคือ 1. ความแปลกใหม่ (Novelty) 2. ความละเอียด (Resolution) และ 3. ความประณีตและการสังเคราะห์ (Elaboration and Synthesis) โดยแต่ละข้อมีรายละเอียดดังนี้

1. ความแปลกใหม่ พิจารณาถึงการใช้วัสดุใหม่ ๆ กระบวนการแนวคิดและวิธีการต่างๆ ของการทำผลิตภัณฑ์
2. ความละเอียดของชิ้นงาน พิจารณาถึงลักษณะการทำงานของผลิตภัณฑ์หรือการใช้ประโยชน์ของชิ้นงาน
3. ความประณีต และการสังเคราะห์ อธิบายเกี่ยวกับรูปแบบส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 2-13 The Creative Product Analysis Matrix : CPAM (Majid et al., 2015)

นอกจากนี้ Tayler (1964) ได้แบ่งระดับผลงานสร้างสรรค์ไว้ 6 ระดับดังนี้

ระดับที่ 1 การแสดงออกอย่างอิสระ ในขั้นนี้เป็นขั้นที่บุคคลคิดและสามารถกล้าแสดงความคิด

ระดับที่ 2 ผลงานออกมาโดยที่งานนั้นอาศัยทักษะบางประการ แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งใหม่

ระดับที่ 3 ขั้นสร้างสรรค์เป็นขั้นแสดงความคิดใหม่โดยที่ไม่ได้ลอกเลียนแบบใครมา ถึงแม้ว่างานความคิดนั้นจะมีคนคิดไว้แล้วก็ตาม

ระดับที่ 4 ขั้นคิดประดิษฐ์อย่างสร้างสรรค์ เป็นขั้นที่สามารถคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ขึ้น โดยไม่ซ้ำแบบใคร

ระดับที่ 5 เป็นขั้นการพัฒนาผลงานในระดับที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ระดับที่ 6 เป็นขั้นความคิดสร้างสรรค์สูงสุด สามารถคิดสิ่งที่เป็นนามธรรมขั้นสูงได้

ต่อมาในปี 2547 สุวิมล ว่องวาณิช ได้มีแนวคิดเกี่ยวกับการวัดทักษะการปฏิบัติว่าคุณภาพผลงานเป็นผลมาจากคุณภาพของกระบวนการทำงาน ถ้ากระบวนการมีความซับซ้อน ผลงานก็มักจะซับซ้อนด้วยทำให้ยากต่อการวัด โดยสุวิมล ว่องวาณิช ได้แยกลักษณะย่อยเกี่ยวกับกระบวนการวัดไว้ดังนี้

1. คุณภาพของผลงาน ประกอบด้วยผลงานที่มีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐาน จุดดี จุดเด่นของผลงาน ความเหมาะสมในการนำไปใช้และลักษณะภายนอกที่ปรากฏ (ความสวยงาม ความประณีต ฯลฯ)

2. ปริมาณงาน ประกอบด้วยพัฒนาการของผลงานในเชิงคุณภาพและปริมาณ

3. ความปลอดภัยของผลงาน ประกอบด้วยระดับความปลอดภัยของผลผลิตเมื่อนำไปใช้จริง

4. ความสิ้นเปลือง/ผลเสีย ประกอบด้วยจำนวนชิ้นงานที่ทำแล้วใช้ไม่ได้หรือยอมรับไม่ได้

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับผลงานสร้างสรรค์ ผู้วิจัยนำแนวคิดของ Besemer and Treffinger (1981) และสุวิมล (2547) มาพัฒนาเป็นแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่ใช้ในการวิจัย ครั้งนี้เพราะเป็นแนวคิดที่มีความสอดคล้องกัน โดยมีที่มาของการพัฒนาแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ตามตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ที่มาของการพัฒนาแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์

รายการที่ประเมิน	Besemer and Treffinger (1981)	สุวิมล ว่องวาณิช (2547)
1. ผลงานมีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด		✓
2. จุดดี จุดเด่นของผลงาน	✓	✓
3. ความเหมาะสมในการนำไปใช้	✓	✓
4. ความสวยงาม ความประณีต	✓	✓
5. ผลงานใช้อุปกรณ์แปลกใหม่	✓	
6. ปริมาณของผลงานทำได้ในเวลาที่กำหนด		✓
7. พัฒนาการของผลงานในเชิงคุณภาพ	✓	✓
8. พัฒนาการของผลงานในเชิงปริมาณ	✓	✓
9. ระดับความปลอดภัยของผลผลิตเมื่อนำไปใช้จริง	✓	✓
10. จำนวนชิ้นงานที่ทำแล้วใช้ไม่ได้		✓

## 2.7 แบบแผนการทดลอง

มนต์ชัย (2548) ได้กล่าวว่าการวิจัยเชิงทดลองมีหลายกระบวนการเช่น การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน การควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนไม่ให้มีผลต่อการทดลอง และการกำหนดแบบแผนการทดลองที่มีความเที่ยงตรงทั้งภายนอกและภายใน เป็นต้น โดยการวิจัยเชิงทดลองต้องกำหนดแบบแผนการทดลองขึ้นก่อน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทดลองเพื่อเก็บรวบรวม (มนต์ชัย, 2548)

แบบแผนการทดลอง (Experimental Design) หมายถึง รูปแบบขั้นตอนหรือกระบวนการในการทดลอง เพื่อศึกษาผลอิทธิพลของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตามในการวิจัย การวิจัยเชิงทดลอง จึงทำให้จะต้องมีการกำหนดแบบแผนการทดลอง เพื่อใช้ในการวางแผนการวิจัยให้ดำเนินไปตามกระบวนการวิจัยอย่างเป็นระบบ โดยแบบแผนการทดลอง มีดังต่อไปนี้

มนต์ชัย (2548) ได้แบ่งแผนการทดลองออกเป็น 9 ประเภท คือ 1. แบบแผนการทดลองแบบ One-Shot Case Study 2. แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest Posttest Design 3. แบบแผนการทดลองแบบ Static Group Comparison 4. แบบแผนการทดลองแบบ Posttest-Only Control Group Design 5. แบบแผนการทดลองแบบ Pretest Posttest Control Group Design 6. แบบแผนการทดลองแบบ Solomon Four Group Design 7. แบบแผนการทดลองแบบ Quasi-Equivalent Control Group Design 8. แบบแผนการทดลองแบบ Time Series Design และ 9. แบบแผนการทดลองแบบ Latin Square Design โดยในแต่ละแบบแผนจะใช้สัญลักษณ์และดังนี้

- E หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experimental Group)
- C หมายถึง กลุ่มควบคุม (Control Group)
- X หมายถึง การทดลองหรือการกระทำ (Treatment)
- O<sub>1</sub> หมายถึง การสังเกต (หรือการวัดผล) ก่อนการทดลอง (Pre-Observation)
- O<sub>2</sub> หมายถึง การสังเกต (หรือการวัดผล) หลังการทดลอง (Post-Observation)
- R หมายถึง การสุ่ม (Random)

1. แบบแผนการทดลองแบบ One-Shot Case Study เป็นแบบแผนที่มุ่งเน้นการวิจัยเชิงทดลองกับกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียว โดยดำเนินการทดลองแล้วศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตามว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร ปัญหาของแบบแผนการทดลองแบบนี้ก็คือ ไม่มีกลุ่มควบคุมและไม่มีการทดสอบก่อนการทดลอง ผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตามจึงคาดเดาได้ยากกว่าเป็นผลเกิดจากอิทธิพลใด แต่แบบแผนนี้สามารถดำเนินการทดลองได้ง่าย มีขั้นตอนไม่ยุ่งยากในการวิจัยเชิงทดลองทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเฉพาะการพัฒนาาระบบใหม่ ๆ ที่ไม่ต้องการกระบวนการทดลองที่ยุ่งยากและซับซ้อนมากนัก สามารถใช้แบบแผนการทดลองแบบนี้ได้ โดยนำ

ระบบที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวในระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจึงทำการสังเกตผลหลังการทดลอง และรายงานผลการค้นพบ

วิธีการทดลอง : E - X O<sub>2</sub>

2. แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest Posttest Design เป็นแบบแผนที่มุ่งเน้นการดำเนินการทดลองกับกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียว แต่ดำเนินการสังเกต (Observation) ผู้เข้าร่วมการทดลองก่อนและหลังการทดลอง (O<sub>1</sub> และ O<sub>2</sub>) หลังจากนั้นจึงนำผลที่ได้จากการวัดหรือการสังเกตไปเปรียบเทียบกัน เพื่อทดสอบดูว่าแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร ซึ่งอาจจะเป็นข้อดีของแบบแผนการทดลองเนื่องจากแบบแผนการทดลองแบบนี้กระทำกับกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น ไม่มีการเปรียบเทียบผลการทดลองกับกลุ่มอื่น ๆ แต่ถ้าเปรียบเทียบกับแบบแผนการทดลองแบบ One-Shot Case Study จะเห็นได้ว่าแบบแผนการทดลองแบบนี้สามารถจัดการตัวแปรแทรกซ้อนได้ดีกว่า เนื่องจากมีการสังเกตทั้งก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการทดลอง : E O<sub>1</sub> X O<sub>2</sub>

3. แบบแผนการทดลองแบบ Static Group Comparison เป็นการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง (E) และกลุ่มควบคุม (C) ทำการทดลองเฉพาะกลุ่มทดลองโดยไม่มีการวัดหรือสังเกตใด ๆ ก่อนการทดลอง ส่วนกลุ่มควบคุมไม่ได้ถูกกระทำใด ๆ เพียงแต่ต้องมีการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนไม่ให้ส่งผลใด ๆ ต่อตัวแปรตาม หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแล้วจึงทำการวัดหรือสังเกต (O<sub>2</sub>) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมเพื่อสรุปผลอิทธิพลของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม

ข้อจำกัดของแบบแผนการทดลองแบบนี้ก็คือ ไม่มีการวัดหรือสังเกตใด ๆ ก่อนการทดลอง เช่นเดียวกับกับแบบแผนการทดลองแบบ One-Shot Case Study จึงสรุปผลของการเปลี่ยนแปลงได้ยากกว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของตัวแปรตามนั้นเป็นผลมาจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นที่เกิดจากการกระทำในการทดลองหรือไม่ แต่ก็มีข้อดีกว่าแบบแผนการทดลองแบบ One-Shot Case Study โดยที่สามารถนำผลการทดลองของกลุ่มทดลองไปเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมได้

วิธีการทดลอง :

E - X O<sub>2</sub>

C - - O<sub>2</sub>

4. แบบแผนการทดลองแบบ Posttest-Only Control Group Design หรือเรียกว่า Random Group Design มีลักษณะคล้ายกับแบบแผนการทดลองแบบ One-Shot Case Study แต่เพิ่มกลุ่มควบคุมในการทดลองอีก 1 กลุ่ม โดยทั้ง 2 กลุ่มเกิดจากการสุ่มจากกลุ่มประชากรที่มีคุณลักษณะคล้ายกันและมีจำนวนเท่ากัน ดำเนินการทดลองโดยให้กลุ่มทดลอง (ER) ได้รับการทดลอง

(X) ส่วนกลุ่มควบคุม (CR) ไม่ได้รับการกระทำใด ๆ ภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองจึงให้ทั้ง 2 กลุ่มถูกวัด ( $O_2$ ) ด้วยเครื่องมือวัด เพื่อเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่ม ส่วนผลที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จะไม่สามารถศึกษาในส่วนนี้ได้ เนื่องจากไม่มีการวัดก่อนการทดลอง ( $O_1$ )

การสรุปผลการทดลอง ทำได้โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยวัดผลจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นของตัวแปรตามของกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองว่าแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร แต่ปัญหาสำคัญของแบบแผนการทดลองนี้ก็คือ การที่ไม่มีการสังเกตหรือการวัด ก่อนการทดลอง ( $O_1$ ) เพื่อทดสอบความแตกต่างที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ทำให้ไม่สามารถสรุปผลได้อย่างชัดเจนถึงผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามแบบแผนการทดลองแบบนี้ก็สามารถนำผลของตัวแปรตามที่เกิดขึ้นจากกลุ่มทดลองไปเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมได้ ซึ่งมีข้อดีกว่าแบบแผนการทดลองแบบ One-Shot Case Study ปัญหาประการสำคัญของแบบแผนการทดลองแบบนี้อยู่ที่ การสุ่มกลุ่มตัวอย่างในขั้นแรก ที่จะต้องสร้างความมั่นใจถึงการกระจายของกลุ่มตัวอย่างทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เพื่อให้ผลการวิจัยสามารถพยากรณ์ไปยังประชากรที่แท้จริงได้

วิธีการทดลอง :

ER	-	X	$O_2$
CR	-	-	$O_2$

5. แบบแผนการทดลองแบบ Pretest Posttest Control Group Design มุ่งเน้นการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่เกิดจากการสุ่มจากกลุ่มประชากรจำนวน 2 กลุ่มด้วยกันคือกลุ่มทดลอง (ER) และกลุ่มควบคุม (CR) โดยให้กลุ่มตัวอย่างที่มีคุณลักษณะเหมือนกัน ได้มีโอกาสได้เข้าร่วมทั้ง 2 กลุ่มอย่างเท่าเทียมกันก่อนเริ่มกระบวนการทดลองทั้ง 2 กลุ่มจะถูกวัดหรือสังเกตก่อน ( $O_1$ ) หลังจากนั้นจึงเริ่มกระบวนการทดลอง โดยที่กลุ่มทดลองจะถูกกระทำ (X) ในขณะที่กลุ่มควบคุมไม่ได้ถูกกระทำใด ๆ หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการทดลองแล้ว จึงให้ทั้ง 2 กลุ่มถูกวัดอีกครั้งหนึ่ง ( $O_2$ ) แล้วนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกัน โดยแบบแผนการทดลองแบบนี้ เป็นแบบแผนที่ได้รับความนิยมในการวิจัยเชิงทดลองมากอีกแบบหนึ่ง เนื่องจากสามารถกำจัดตัวแปรแทรกซ้อนได้ดีกว่าแบบแผนการทดลองที่ผ่านมาแล้วสามารถเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นได้ทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

วิธีการทดลอง :

ER	$O_1$	-	$O_2$
CR	$O_1$	-	$O_2$

นอกจากนี้แบบแผนการทดลองยังสามารถประยุกต์ใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างหลาย ๆ กลุ่ม เพื่อเน้นการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

วิธีการทดลอง :

E1R	O <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>
E2R	O <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
E3R	O <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>
CR	O <sub>1</sub>	-	O <sub>2</sub>

โดยที่ X<sub>1</sub> เป็นการทดลองโดยกระทำแบบหนึ่งเช่น เว็บบช่วยสอนแบบปกติ ส่วน X<sub>2</sub> และ X<sub>3</sub> อาจเป็นการทดลองที่แตกต่างออกไป แต่อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมเหมือน ๆ กัน เช่นเว็บช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย (X<sub>2</sub>) และเว็บช่วยสอนแบบไฮเปอร์มีเดีย (X<sub>3</sub>) เป็นต้น หลังจากนั้นจึงนำไปเปรียบเทียบกันทั้ง 4 กลุ่ม ทำให้ได้กระบวนการวิจัยที่หลากหลายมากขึ้น สามารถทดสอบสมมติฐานการวิจัยได้หลายประเด็น เพื่อเน้นความสำคัญของการทดลองในลักษณะต่าง ๆ

6. แบบแผนการทดลอง Solomon Four Group Design เป็นการทดลองที่ผนวกแบบแผนการทดลองแบบ Pretest Posttest Control Group Design กับ Posttest-Only Control Group Design เข้าด้วยกันโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่มจำนวนเท่า ๆ กัน ได้แก่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างละ 2 กลุ่ม โดยใช้วิธีการสุ่มเพื่อกระจายกลุ่มตัวอย่างให้มีโอกาสได้เข้าร่วมในกลุ่มต่าง ๆ อย่างเท่าเทียมกันและดำเนินการทดลองครั้งเดียวพร้อม ๆ กันตามแบบแผนการทดลองที่แสดงไว้ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าสามารถควบคุม ตัวแปรแทรกซ้อนและปัญหาอื่นๆ ได้ทั้งหมด โดยมีเฉพาะกลุ่มทดลอง 2 กลุ่มที่ได้รับการทดลอง ส่วนกลุ่มควบคุม อีก 2 กลุ่ม ไม่ได้ถูกกระทำใด ๆ หลังจากเสร็จสิ้นการดำเนินการทดลองแล้ว จึงทำการวัดหรือการสังเกตผลก่อนสิ้นสุดกระบวนการแล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกันภายในกลุ่มหรือเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มทั้ง 4 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ตามแบบแผนการทดลองแบบนี้สามารถตั้ง สมมติฐานได้หลายข้อ ทำให้ได้ประเด็นของการวิจัยที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

ข้อจำกัดของแบบแผนการทดลองแบบ Solomon Four Group Design ก็คือจะต้องเตรียมกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณลักษณะเหมือนกันเป็นจำนวนมาก และต้องเกิดจากการสุ่มจากกลุ่มประชากร ทำให้การวิจัยบางเรื่องไม่สามารถหาจำนวนประชากรได้เพียงพอ

วิธีการทดลอง :

E1R	O <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>
C1R	O <sub>1</sub>	-	O <sub>2</sub>
E2R	-	-	X <sub>1</sub> O <sub>2</sub>
C2R	-	-	O <sub>2</sub>

7. แบบแผนการทดลองแบบ Quasi-Equivalent Control Group Design มีลักษณะคล้ายกับแบบแผนการทดลองแบบ Posttest-Only Control Group Design แต่แบบแผนการทดลอง

แบบนี้มุ่งเน้นการวิจัยกึ่งทดลองโดยมีกลุ่มควบคุมอีก 1 กลุ่ม ที่มีจำนวนเท่ากัน เพื่อใช้เปรียบเทียบผลการทดลอง ก่อนเริ่มการทดลองจะมีการวัดหรือสังเกตกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่ม หลังจากนั้นจึงทำกับกลุ่มทดลอง ส่วนกลุ่มควบคุมไม่ได้ถูกกระทำใด ๆ เช่นเดียวกันกับแบบแผนการทดลองแบบ Posttest-Only Control Group Design ภายหลังจากเสร็จสิ้น การกระทำแล้วจึงทำการวัดหรือสังเกตกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มแล้วนำผลไปเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ถ้าหากพบความเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้นก็สามารถสรุปได้ว่าเป็นผลมาจากตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น ซึ่งก็คือผลจากการทดลองนั่นเอง

แบบแผนการทดลองนี้มีข้อจำกัดคือ การที่ไม่ได้มีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างให้มีโอกาสเท่าเทียมกันในการเข้าร่วมกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในช่วงเริ่มต้น ทำให้เกิดความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างที่อาจส่งผลไปยังผลการทดลองได้ แตกต่างจากแบบแผนการทดลองแบบ Posttest-Only Control Group Design ซึ่งประชากรทั้ง 2 กลุ่มเกิดจากการสุ่มมาจากประชากรกลุ่มเดียวกันที่มีคุณลักษณะคล้ายคลึงกัน อย่างไรก็ตามแบบแผนการทดลองแบบนี้จะกระทำได้ง่ายกว่า จึงเหมาะสำหรับประชากรจำนวนน้อย ๆ โดยไม่สามารถคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มได้

วิธีการทดลอง :

E	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>
C	O <sub>1</sub>	-	O <sub>2</sub>

8. แบบแผนการทดลองแบบ Time Series Design เป็นการวิจัยกึ่งทดลองโดยเก็บข้อมูลหลายครั้ง ในช่วงเวลาที่ต่างกันทั้งก่อนและหลังการทดลอง ทำให้ทราบพัฒนาการของกลุ่มทดลองในช่วงเวลาที่ต่างกันตัวอย่างเช่น การศึกษาพัฒนาการเรื่องการเขียนโปรแกรมของผู้เรียน ซึ่งก่อนที่จะทำการทดลอง เริ่มต้นด้วยการวัดหรือสังเกตผู้เรียนเป็นระยะ ๆ คือ 6 เดือน (O<sub>10</sub>) 3 เดือน (O<sub>11</sub>) และ 3 วัน (O<sub>12</sub>) ก่อนการเข้ารับการศึกษาฝึกอบรบการเขียนโปรแกรม ภายหลังจากเสร็จสิ้นการกระทำ (X) ซึ่งหมายถึงการฝึกอบรบ ก็ทำการวัดหรือสังเกตผู้เรียนเป็นระยะ ๆ เช่นเดียวกันกับก่อนฝึกอบรบอีก 3 ครั้งด้วยกัน คือ 3 วัน (O<sub>20</sub>) 3 เดือน (O<sub>21</sub>) และ 6 เดือน (O<sub>22</sub>) หลังจากนั้น จึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์ จะทำให้ทราบพัฒนาการของกลุ่มทดลองว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยเชิงทดลองที่เน้นการศึกษาในเชิงพัฒนาการ

ปัญหาของแบบแผนการวิจัยแบบนี้ก็คือ การเก็บข้อมูลหลายครั้งอาจจะทำให้เกิดความอ่อนไหว (Sensitization) ของกลุ่มทดลองทำให้รู้ตัวว่าผู้วิจัยต้องการวัดอะไร นอกจากนี้การที่ไม่มีกลุ่มควบคุมเพื่อเปรียบเทียบผลการวิจัย ทำให้ขาดหลักฐานเพื่อยืนยันถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นว่าเกิดจากการกระทำ (X) เพียงประการเดียวเท่านั้น รวมทั้งยังเกิดความเบื่อหน่ายในการวัดหรือสังเกตเป็นจำนวนหลายครั้งทั้งระยะก่อนและระยะหลังการทดลองอีกด้วย แบบแผนการทดลองแบบนี้นิยมใช้ในการทดลองทางการแพทย์

วิธีการทดลอง :

E O<sub>10</sub> O<sub>11</sub> O<sub>12</sub> X O<sub>20</sub> O<sub>21</sub> O<sub>22</sub>

9. แบบแผนการทดลองแบบ Latin Square Design เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่มุ่งเน้นการทดลองหลาย ๆ อย่างกับกลุ่มทดลอง โดยสลับการทดลองแต่ละกลุ่มให้ได้รับการกระทำ (X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> และ X<sub>3</sub>) จนครบทั้งหมดในการดำเนินการทดลอง โดยมีการวัดหรือสังเกตผลหลังการกระทำทุกครั้ง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นที่กระทำกับกลุ่มทดลองที่เกิดจากการสุ่ม

การสรุปผลการทดลองโดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ Latin Square สามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ในแต่ละกลุ่มทดลอง พร้อมทั้งยังสามารถศึกษาพัฒนาการที่เกิดขึ้นจากการสลับการกระทำกับกลุ่มทดลอง เพื่อศึกษาว่าหากดำเนินการทดลองอย่างใดอย่างหนึ่ง ก่อน-หลัง จะให้ผลหรือแสดงพฤติกรรมใด ๆ ออกมาบ้าง แบบแผนการทดลองแบบนี้จึงเหมาะสำหรับการวิจัยเชิงทดลองทางการแพทย์ อย่างไรก็ตามสามารถนำแบบแผนการทดลองแบบ Latin Square Design นี้ไปใช้กับการวิจัยเชิงทดลองสาขาอื่น ๆ ได้เช่นกัน

วิธีการทดลอง :

E1R - X<sub>1</sub> O<sub>2</sub> X<sub>2</sub> O<sub>2</sub> X<sub>3</sub> O<sub>2</sub>

E2R - X<sub>2</sub> O<sub>2</sub> X<sub>3</sub> O<sub>2</sub> X<sub>1</sub> O<sub>2</sub>

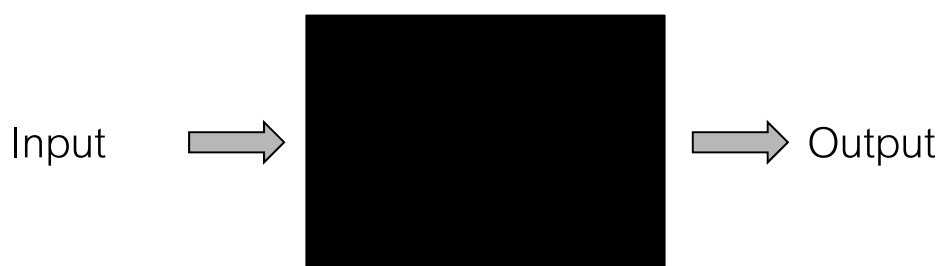
E3R - X<sub>3</sub> O<sub>2</sub> X<sub>1</sub> O<sub>2</sub> X<sub>2</sub> O<sub>2</sub>

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้แบบแผนการทดลองแบบ Pretest Posttest Control Group Design สำหรับความคิดสร้างสรรค์ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แบบประเมินจากบริษัท AULIVE ในการประเมินความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนและใช้แบบแผนการทดลองแบบ Posttest-Only Control Group Design สำหรับผลงานสร้างสรรค์เพราะชิ้นงานที่นักศึกษาสร้างขึ้นเกิดจากกระบวนการเรียนในห้องเรียนดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่สามารถวัดผลงานสร้างสรรค์ก่อนเรียนได้และในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่มและมีการสุ่มอย่างง่ายเพื่อกำหนดห้องควบคุมและห้องทดลอง

## 2.8 การทดสอบโปรแกรม

ริงสิต (2555) ได้กล่าวว่าการทดสอบซอฟต์แวร์โดยทั่วไปเป็นการกำหนดแนวทางในการทดสอบโดยอาศัยการเลือกข้อมูลสำหรับการทดสอบและจากนั้นทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของการทดสอบการเลือกใช้เทคนิคในการทดสอบที่แตกต่างกันจะมีผลต่อคุณภาพของซอฟต์แวร์ที่แตกต่างกันตามไปด้วยเทคนิคพื้นฐานในการทดสอบสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

1. การทดสอบฟังก์ชันการทำงาน (Functional Testing) บางครั้งจะถูกเรียกว่า Black Box Testing) (รังสิต, 2555) เป็นการทำการทดสอบโดยไม่สนใจกลไกภายในของโปรแกรมโดยจะมุ่งที่ผล Output ของโปรแกรมที่ตอบสนองเกิดจากการ Input และ Execution โปรแกรม โดยการทดสอบนี้จะไม่เข้าถึงซอร์สโค้ด (Source Code) การทดสอบนี้จะใช้วิธีพื้นฐานในการทดสอบคือ Boundary Value Testing และ Equivalence Class Testing (เทวา, 2557)



ภาพที่ 2-14 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานแบบ Black Box Testing (เทวา, 2557)

1.1 การทดสอบแบบ Black Box สามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธีดังต่อไปนี้ (รังสิต, 2555)

1.1.1 Equivalence Partition เป็นการจัดแบ่งข้อมูลเข้าเป็นกลุ่มข้อมูลที่มีขนาดเท่า ๆ กัน (Equivalence Classes) โดยค่าเหล่านี้จะถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งในการกำหนดข้อมูลเข้าสู่ระบบ โดยข้อมูลจะถูกนำเสนอทั้งกลุ่มที่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง การแบ่งกลุ่มข้อมูลเข้าในรูปแบบนี้สามารถช่วยลดจำนวนของข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดสอบได้

1.1.2 Boundary Value Analysis เป็นการทดสอบแบบการตั้งสมมุติฐานไว้ว่า ความผิดพลาดมักจะเกิดขึ้นได้ที่บริเวณขอบเขต (Boundaries) ของข้อมูลเข้า การทดสอบรูปแบบนี้จะเน้นไปที่การออกแบบข้อมูลทดสอบที่ใช้ตรวจสอบ Upper และ Lower Limits ของ Equivalence Class ที่ได้จากวิธีการแรก โดยข้อมูลเหล่านี้จะเน้นไปที่ผลลัพธ์ของโปรแกรมโดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของการกำหนดข้อมูลเข้าอย่างเดียว

1.1.3 Cause-effect Graphing เป็นการทดสอบแบบที่สามารถมองเห็นถึงเงื่อนไขทางลอจิกและการกระทำที่เกี่ยวข้องโดยถูกนำเสนอผ่านโหนด (Node) และแสดงการเชื่อมต่อระหว่างโหนดเพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างกัน แต่ละโหนดและลิงค์จะถูกกำหนดน้ำหนักขึ้นตามลำดับ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างตารางสำหรับตัดสินใจและข้อมูลทดสอบต่อไป

1.2 ข้อดีของเทคนิคการทดสอบแบบ Black Box ประกอบด้วย 5 ข้อ คือ (รังสิต, 2555)

1.2.1 ได้ผลดีสำหรับการทดสอบหน่วยของโค้ดที่มีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบแบบ White Box

1.2.2 นักทดสอบไม่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการภาษาที่ใช้ในพัฒนาโปรแกรม

1.2.3 นักทดสอบและโปรแกรมเมอร์มีความเป็นอิสระต่อกัน

1.2.4 การทดสอบจะดำเนินการตามมุมมองของผู้ใช้ ซึ่งจะช่วยในการตรวจสอบความสับสนหรือความไม่ถูกต้องที่เกิดขึ้นภายในข้อกำหนดเบื้องต้นในการออกแบบ

1.2.5 ข้อมูลสำหรับการทดสอบสามารถออกแบบได้ทันทีที่การกำหนดความต้องการของระบบเสร็จสมบูรณ์

1.3 ข้อเสียของเทคนิคการทดสอบแบบ Black Box ประกอบด้วย 5 ข้อ คือ (รังสิต, 2555)

1.3.1 มีเพียงข้อมูลที่เข้าสู่ระบบจำนวนหนึ่งที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในการทดสอบจริง ซึ่งการทดสอบด้วยข้อมูลเข้าในทุก ๆ ข้อมูลที่เป็นไปได้อาจใช้เวลามากเกินไป

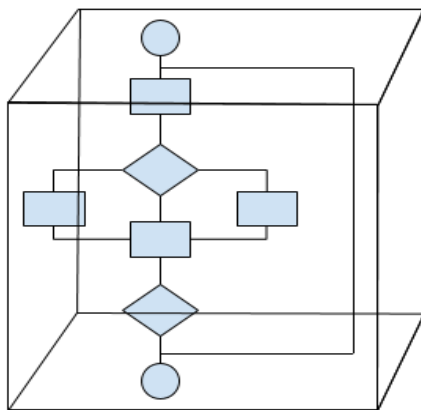
1.3.2 การออกแบบข้อมูลทดสอบค่อนข้างยากหากปราศจากข้อกำหนดเบื้องต้นในการออกแบบที่มีความถูกต้องและชัดเจน

1.3.3 อาจมีการทดสอบซ้ำ ๆ เกิดขึ้นในกรณีที่นักทดสอบไม่ได้รับแจ้งข้อมูลสำหรับการทดสอบจากโปรแกรมเมอร์ที่ได้มีการทดสอบไปแล้ว

1.3.4 อาจมีการละเลยการทดสอบหลาย ๆ เส้นทางในกรณีที่โปรแกรมมีความซับซ้อนมาก ๆ

1.3.5 ไม่สามารถเข้าถึงโค้ดซอร์สโค้ดได้โดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากส่วนดังกล่าวอาจมีความซับซ้อนสูง (และมี Error Prone มากขึ้น)

2. การทดสอบเชิงโครงสร้าง (Structural Testing) หรือบางครั้งเรียกว่า White Box Testing คือการทดสอบซึ่งพิจารณาภายในของโปรแกรม หรือ Component โดยจะมุ่งเน้นไปที่โครงสร้างภายในของซอร์สโค้ดและค้นหาว่าส่วนใดของโค้ดที่มีการทำงานผิดพลาด ดังนั้นนักทดสอบจึงจำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านการทำงานทางลอจิกและการพัฒนาโปรแกรมและการออกแบบข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดสอบ (รังสิต, 2555)



ภาพที่ 2-15 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานแบบ White Box Testing (เทวา, 2557)

1.1 เทคนิคการทดสอบแบบ White Box แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ (รังสิต, 2555)

1.1.1 Control Flow Testing เป็นการทดสอบโดยเน้นไปที่กลไกควบคุมการทำงานหลัก

1.1.2 Data Flow Testing เป็นการทดสอบโดยเน้นไปที่การกำหนดนิยาม (Definition) และการใช้งาน (Uses) ของตัวแปร ตลอดจนเส้นทางที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน

1.2 ข้อดีของเทคนิคการทดสอบแบบ White Box แบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ (รังสิต, 2555)

1.2.1 จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างภายในของโค้ด เพื่อให้ง่ายต่อการค้นหาข้อมูลเข้าสู่ระบบเพื่อใช้เป็นข้อมูลที่ช่วยในการทดสอบ

1.2.2 ข้อได้เปรียบอื่นๆ ของการทดสอบแบบนี้คือการทดสอบเน้นไปที่โค้ดเป็นหลัก ดังนั้นจึงถือว่าช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพโค้ดของโปรแกรมโดยอัตโนมัติ

1.2.3 ช่วยในการกำจัดโค้ดที่เป็นส่วนเกินออกไป ซึ่งโค้ดเหล่านี้อาจนำไปสู่การค้นหาข้อบกพร่องที่หาไม่พบก่อนหน้านี้

1.3 ข้อเสียของเทคนิคการทดสอบแบบ White Box แบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ (รังสิต, 2555)

1.3.1 เนื่องจากต้องมีความรู้เกี่ยวกับการโค้ดและโครงสร้างภายในของโปรแกรม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้นักทดสอบที่มีทักษะสูงเพื่อทำการทดสอบด้วยวิธีการนี้ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการทดสอบ

1.3.2 การค้นหาข้อบกพร่องในทุกๆ รายละเอียดของโค้ดเป็นสิ่งที่เกือบจะเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นข้อบกพร่องที่ยังหาไม่พบอาจก่อให้เกิดปัญหาและมีผลลัพธ์นำไปสู่ความผิดพลาดหรือล้มเหลวในการทำงานของซอฟต์แวร์ได้

1.3.3 สืบเนื่องจากความซับซ้อนในการโปรแกรมที่มากขึ้นๆ ในปัจจุบันจึงส่งผลให้การทดสอบด้วยวิธีการแบบ White Box ส่วนใหญ่จะใช้ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเป็นหลัก

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่าการทดสอบแบบกล่องดำ (Black-Box Testing) เป็นการทดสอบในระดับอินเตอร์เฟซของซอฟต์แวร์โดยจะทำการตรวจสอบแง่มุมพื้นฐานบางส่วนของระบบ โดยไม่คำนึงถึงโครงสร้างภายในของซอฟต์แวร์ ส่วนการทดสอบแบบกล่องขาว (White-Box Testing) จะเป็นการทดสอบถึงรายละเอียด กระบวนการทำงานภายใน เส้นทางผ่านตัวซอฟต์แวร์ และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ โดยใช้การทดสอบแบบเงื่อนไขและลูบต่าง ๆ (พรฤดี, 2549) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกที่จะใช้การทดสอบแบบกล่องดำ (Black-Box Testing) ในงานวิจัยนี้เพราะผู้วิจัยใช้ฟังก์ชันของโปรแกรมแบบสำเร็จรูป

## 2.9 บริบท

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือมีปรัชญาคือ พัฒนาคน พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปณิธาน มุ่งมั่นที่จะพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีความเป็นเลิศทางวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและวิชาการขั้นสูงที่เกี่ยวข้องให้มีความรู้คู่คุณธรรม เพื่อเป็นผู้พัฒนาและสร้างเทคโนโลยีที่เหมาะสม อันก่อให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน และวิสัยทัศน์คือ มหาวิทยาลัยชั้นนำด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ พันธกิจคือ ผลิตบัณฑิตที่พึงประสงค์ วิจัยและพัฒนา บริการวิชาการแก่สังคม ทำนุบำรุง ศิลปะและวัฒนธรรม อัตลักษณ์คือ บัณฑิตที่คิดเป็นทำเป็น เอกลักษณ์คือ มหาวิทยาลัยแห่ง การสร้างสรรค์ประดิษฐ์กรรมสู่นวัตกรรม (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2561)

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยได้ขยายการศึกษาไปยังส่วนภูมิภาคอีก 2 วิทยาเขต คือวิทยาเขต ประจวบคีรีขันธ์และวิทยาเขตระยอง โดยที่วิทยาเขตระยองได้จัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อจัดการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตศึกษา จำนวน 5 หลักสูตร คือสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม การวัดคุมและอัตโนมัติ (Instrumentation and Automation Engineering Technology) สาขา วิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกลและยานยนต์ (Mechanical and Automotive Engineering Technology) สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรมและโลจิสติกส์ (Industrial and Logistics Engineering Technology) สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมกระบวนการเคมี (Chemical Process Engineering Technology) และสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมวัสดุและกระบวนการผลิต (Material and Process Engineering Technology) มีวัตถุประสงค์เพื่อบริการวิชาการและผลิตวิศวกรรม ศาสตร์บัณฑิตเฉพาะทางสาขาวิศวกรรมควบคุมให้กับภาคอุตสาหกรรมและภาคสังคมในพื้นที่ ภาคตะวันออก ซึ่งทั้ง 5 สาขาวิชาดังกล่าวสามารถตอบสนองความต้องการของภาคอุตสาหกรรม ภาคตะวันออกได้เป็นอย่างดี (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2561)

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติเป็นสาขาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ ทางด้านระบบการวัดและระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรม ซึ่งตอบสนองกับการพัฒนาประเทศตามการ เปลี่ยนแปลงของภาคอุตสาหกรรมไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 ที่จะใช้ระบบอัตโนมัติ และหุ่นยนต์เข้ามา ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต ผู้เรียนในสาขาวิชานี้จะมีความรู้ทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ ระบบการวัดและควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งมีวิชาที่เป็นวิชาเฉพาะของสาขาวิชาที่จะทำให้ ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ในรายวิชาต่าง ๆ เช่น วิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิชาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์ วิชาดิจิทัลและการออกแบบ วิชาวงจรไฟฟ้าให้สามารถสร้างสรรค์ผลงาน สิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรม

ดังนั้นหลักสูตรของคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีจึงมีนโยบายที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ภาคทฤษฎีและมีทักษะในการปฏิบัติ ตามเกณฑ์การประกันคุณภาพ AUN-QA ซึ่งเป็นการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นผลลัพธ์ (Outcome Based Education) โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้ ดังนั้นสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติจึงได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานการเรียนรู้รายวิชาภาคปฏิบัติไว้ที่ร้อยละ 75 (รายงานการประชุมสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติ, 2558) เพื่อให้สอดคล้องกับผลลัพธ์ (Outcome Based Education) คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมี 10 เรื่อง โดยแต่ละงานวิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยและผลการวิจัยดังนี้

พูนศักดิ์และนิตยา (2555) ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เรื่องโครงการระบบสมองกลฝังตัว การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาค่าประสิทธิภาพบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เรื่องโครงการระบบสมองกลฝังตัวและวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะการปฏิบัติการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 1. การสร้างบทเรียนอีเลิร์นนิ่งและมีการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านสื่อและเทคนิคการนำเสนอ จำนวน 5 คน 2. การหาประสิทธิภาพบทเรียนโดยนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่เลือกมาแบบเจาะจง จากนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่มีความสนใจทำโครงการด้านระบบสมองกลฝังตัว จำนวน 25 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำโดยการทดสอบทักษะการปฏิบัติเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนอีเลิร์นนิ่งและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่า t- test ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนอีเลิร์นนิ่งที่พัฒนามีจำนวน 6 หน่วยเรียน มีคุณภาพในระดับดีส่วนประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่งที่หาโดยการใช่ค่า E1/E2 มีค่า 97.15/84.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ส่วนค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะการปฏิบัติได้ค่าเฉลี่ย 84.67

กนกรัตน์ เมธิยาและปรัชญนันท์ (2559) ทำวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบการเรียนรู้จากระบบกับการเรียนรู้แบบจินตนิพนธ์ของนักศึกษาปริญญาตรีสาขาทางด้านคอมพิวเตอร์ 3 คณะวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีเป็นการเปรียบเทียบการเรียนรู้จากระบบกับการเรียนรู้แบบจินตนิพนธ์ของนักศึกษาปริญญาตรีสาขาทางด้านคอมพิวเตอร์ 3 คณะวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการเรียนรู้จากระบบกับการเรียนรู้แบบจินตนิพนธ์และเพื่อเปรียบเทียบการเรียนรู้จากระบบกับการเรียนรู้แบบจินตนิพนธ์

ระหว่างนักศึกษาศรีสาขาทิศทางด้านคอมพิวเตอร์ 3 คณะวิชา โดยแยกตามหลักสูตรการศึกษา คือ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและคณะวิทยาการจัดการโดยกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาศรีสาขาทิศทางด้านคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 3 คณะวิชา แบ่งออกได้ดังนี้ กลุ่มที่ 1 นักศึกษาสาขาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 15 คน กลุ่มที่ 2 นักศึกษาสาขาทางด้านคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 29 คน และกลุ่มที่ 3 คือนักศึกษาสาขาทางด้านคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการจัดการ จำนวน 40 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการแจกแบบสอบถามเรื่องการเรียนรู้ว่าเป็นระบบกับการเรียนรู้แบบจิตวิศกรรม จำนวน 33 ข้อ ซึ่งสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน independent t-test และ ANOVA ผลการวิจัย พบว่าการเรียนรู้แบบจิตวิศกรรมมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าการเรียนรู้แบบเป็นระบบในทุกกลุ่มตัวอย่างและผลรวมของการเรียนรู้ระหว่างการเรียนรู้แบบเป็นระบบกับการเรียนรู้แบบจิตวิศกรรมของนักศึกษาสาขาวิชาทางด้านคอมพิวเตอร์ 3 คณะวิชา แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การเรียนรู้แบบเป็นระบบและการเรียนรู้แบบจิตวิศกรรมของนักศึกษาศรีสาขาทิศทางด้านคอมพิวเตอร์ทั้ง 3 คณะวิชา แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Abdullah Şahin (2010) ทำวิจัยเรื่อง Effects of Jigsaw II Technique on Academic Achievement and Attitudes to Written Expression Course กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาการศึกษาภาษาตุรกีจำนวน 80 คนที่ โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 42 คน เป็นกลุ่มที่ใช้เทคนิคจิ๊กซอว์ 2 ในการเรียน กลุ่มควบคุม จำนวน 38 คน เป็นกลุ่มที่ใช้เรียนตามปกติเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดเห็นของนักศึกษาใน ปีการศึกษา 2552-2553 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ t-test Mean และ SD โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองโดยการทดสอบความสามารถในการเขียน (Written Expression Achievement Test) ก่อนเรียนและหลังเรียนกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยคือนักเรียนกลุ่มทดลองมีมุมมองที่เป็นบวกเกี่ยวกับการใช้เทคนิค Jigsaw II

อุไรวรรณ (2557) ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาทักษะการคิดด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 ในรายวิชาสารสนเทศเพื่อการศึกษาค้นคว้า การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังการเรียนรู้ด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 2. ศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาที่เกิดจากการเรียนรู้ด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 3. ศึกษาเจตคติต่อการทำงานเป็นทีมของนักศึกษาด้วยการเรียนรู้ด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 และ 4. ศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะศึกษาศาสตร์ สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชุมพรที่ลงทะเบียนเรียนวิชาสารสนเทศเพื่อการศึกษาค้นคว้า ภาคเรียนที่ 1/2556 จำนวน 116 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถาม จำนวนอย่างละ 1 ชุด และแบบฝึกทักษะ จำนวน 2 ชุด สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนรู้ด้วยเทคนิคจิกซอร์ 2 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 79.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70.00 ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาหลังการเรียนรู้ด้วยเทคนิคจิกซอร์ 2 อยู่ในระดับดีมาก นักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อการทำงานเป็นทีมและมีความคิดเห็นต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคจิกซอร์ 2 อยู่ในระดับมาก ( $\mu = 4.35$ ;  $\sigma = 0.73$ )

Garcês, Pocinho, Neves de Jesus, & Viseu. (2016) ทำวิจัยเรื่อง The Impact of the Creative Environment on the Creative Person, Process, and Product กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 215 คน เป็นนักศึกษาจากมหาวิทยาลัย Madeira จำนวน 172 คน และนักศึกษาจากมหาวิทยาลัย Algarve จำนวน 43 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 42 คน นอกจากนั้นยังมีนักศึกษาจากสาขาสังคมศาสตร์ จำนวน 153 คน และจากสาขาศิลปกรรมศาสตร์ จำนวน 62 คน ด้านอายุของนักศึกษาสาขาสังคมศาสตร์มีอายุ 25 ปีขึ้นไป จำนวน 92 คน และมีอายุมากกว่า 25 ปี จำนวน 59 คน สาขาศิลปกรรมศาสตร์มีช่วงอายุ 25 ปีหรือน้อยกว่า จำนวน 52 คน และมีอายุมากกว่า 25 ปี จำนวน 10 คน สาขาสังคมศาสตร์มีนักศึกษาเพศหญิง จำนวน 136 คน และเพศชาย จำนวน 16 คน และสาขาศิลปกรรมศาสตร์มีนักศึกษาเพศหญิง จำนวน 36 คน และเป็นเพศชาย จำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบวัดบุคลิกภาพเชิงสร้างสรรค์ (CPS) หน้าที่โฆษณาครีเอทีฟโฆษณาแบบย่อ (CBI) และการทดสอบการแก้ปัญหาเชิงลึก (IPST) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ MANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ ผลการวิจัยมีรายละเอียดคือ 1. สาขาอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญจากสภาพแวดล้อมของความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับกระบวนการความคิดสร้างสรรค์และผลิตภัณฑ์ โดยกล่าวได้ว่านักศึกษาจากสาขาสังคมศาสตร์และสาขาศิลปกรรมศาสตร์มีผลการดำเนินการในกระบวนการสร้างสรรค์และผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น 2. ไม่พบผลกระทบที่มีนัยสำคัญทางสถิติเกี่ยวกับเพศและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการความคิดสร้างสรรค์และผลิตภัณฑ์ 3. อายุมีผลต่อการควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมที่สร้างสรรค์กับศิลปะ

มัทธิกา (2557) ทำวิจัยเรื่องผลของการใช้นิตยสารดิจิทัลบนแท็บเล็ตโดยการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่มีผลต่อผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อพัฒนาสื่อ นิตยสารดิจิทัลบนแท็บเล็ตโดยการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่มีผลต่อผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีคุณภาพระดับดี 2. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนจากสื่อและหลังเรียนจากสื่อ นิตยสารดิจิทัลบนแท็บเล็ตเพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนจากสื่อ นิตยสาร

ดิจิทัลบนแท็บเล็ตเพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัยสระบุรี จำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 30 คน ได้มาโดยสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) จาก 10 ห้องเรียน ด้วยวิธีการจับสลาก โดยทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2557 ด้วยการเรียนด้วยสื่อนิเทศสารดิจิทัลบนแท็บเล็ตโดยการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยเก็บข้อมูลจากการวัดคะแนนผลงานสร้างสรรค์และแบบสอบถามความพึงพอใจการเรียนรู้ด้วยสื่อนิเทศสารดิจิทัลบนแท็บเล็ตโดยการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบค่า t-test แบบ Dependent ผลการวิจัยพบว่า 1. คุณภาพของการพัฒนาสื่อนิเทศสารดิจิทัลบนแท็บเล็ตโดยการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่มีผลต่อผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 2. นักเรียนที่เรียนรู้จากสื่อนิเทศสารดิจิทัลบนแท็บเล็ตโดยการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนจากสื่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนจากสื่อนิเทศสารดิจิทัลบนแท็บเล็ตโดยการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อยู่ในระดับมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41

Abdulrahman M Al-Zahrani (2015) ทำวิจัยเรื่อง From Passive to Active: The Impact of the Flipped Classroom Through Social Learning Platforms on Higher Education Students' Creative Thinking การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของห้องเรียนกลับด้านเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักศึกษา ระดับปริญญาตรีคณะศึกษาศาสตร์ที่มหาวิทยาลัย King Abdulaziz ในช่วงภาคเรียนแรกของปี 2014 จากหลักสูตร e-Learning (ETEC-331) ในประเทศซาอุดีอาระเบีย จำนวน 55 คนที่ โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 27 คน เป็นกลุ่มที่ใช้การเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านและกลุ่มควบคุมจำนวน 28 คน เป็นกลุ่มที่ใช้เรียนตามปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถามการสำรวจเพื่อประเมินความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับห้องเรียนกลับด้าน ซึ่งมีบทบาทในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และปัญหาในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ t-test Mean และ SD โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ ผลการวิจัยคือ ห้องเรียนกลับด้านส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับความคล่องแคล่วความยืดหยุ่นและความแปลกใหม่ นอกจากนี้นักเรียนยังมองว่าห้องเรียนกลับด้านเป็นวิธีการที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างสรรค์ได้อย่างมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมของนักเรียนในการใช้ห้องเรียนกลับด้านและมีเครื่องมือการเรียนรู้

ขามาศและปริญญา (2557) ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนว

คอนสตรัคชันนิซึมในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางสำหรับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคอนสตรัคชันนิซึม ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์ กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาคือ นักเรียนโรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ที่เรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ จำนวน 30 คน การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองขั้นต้น (Pre-Experimental Research Design) เป็นการศึกษากลุ่มทดลองกลุ่มเดียว มีการทดสอบแบบ One-Shot Case Study เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคอนสตรัคชันนิซึม จำนวน 10 แผน 2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ 3. แบบประเมินโครงงานหุ่นยนต์ และ 4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคอนสตรัคชันนิซึมสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่ประกอบด้วย 1. ความคิดริเริ่ม 2. ความคิดคล่องตัว 3. ความคิดยืดหยุ่น และ 4. ความคิดละเอียดลออ (Guilford, 1971) มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 85.33 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 90 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคอนสตรัคชันนิซึมมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์คิดเป็นร้อยละ 81.44 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านตามเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 90 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยนักเรียนกลุ่มเป้าหมายสามารถสร้างโครงงานหุ่นยนต์ตามความสนใจเพื่อประเมินความคิดสร้างสรรค์ได้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเพื่อระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแบ่งตามวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

3.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

3.2 เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

3.3 เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

3.3.1 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3.3.2 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

3.3.3 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3.3.4 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75)

3.3.5 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75)

**3.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์**

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการทำงานมี 3 ขั้นตอนคือ 1. ขั้นการสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ 2. ขั้นการพัฒนาแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ และ 3. การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์

เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยแต่ละขั้นมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นการสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย บทความและวิทยานิพนธ์ระดับคุณวุฒิบัณฑิตทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวกับระบบสมองกลฝังตัว การเรียนแบบจินตวิศวกรรม เทคนิคจิ๊กซอว์ สังคมคลาวด์ ความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

2. ขั้นการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาข้อมูลและสังเคราะห์ข้อมูลในด้านต่าง ๆ มาแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการพัฒนากระบวนการของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ตารางวิเคราะห์ สังเคราะห์และการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

ระบบสมองฝังตัว (Embedded System) Tutorialspoint, 2015; Brian Wilson, 2008	เทคนิคจิ๊กซอว์ 2 (Jigsaw2) Slavin, 1990	จินตวิศวกรรม (Imagineering) ปรัชญนันท์และปณิตา, 2556	สังคมคลาวด์ (Social Cloud)	EEL Model
1. Hardware - การประกอบ (Assembling)	1. แบ่งนักเรียนออกเป็น กลุ่มบ้าน (Home Group) 5-6 คน	1. การจินตนาการ (Imagine) 1.1 การกำหนดโจทย์จินตนาการ ของผลงาน (Problem) 1.2 การระดมสมองจินตนาการ ผลงาน (Brainstorm) 1.3 ขั้นตอนการแสดงความคิดเห็น (Discussion) 1.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ ความเป็นไปได้ของจินตนาการ (Feasibility)	1. การกำหนดสิทธิ์ การใช้งานในระบบ	1. การแบ่งกลุ่มผู้เรียนด้วย เทคนิคจิ๊กซอว์ (Jigsaw Group) 1.1 กลุ่มบ้าน (Home Group) 1.2 ผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group)

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

<p>ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) Tutorialspoint, 2015); Brian Wilson, 2008</p>	<p>เทคนิคจิ๊กซอว์ 2 (Jigsaw2) Slavin, 1990</p>	<p>จินตวิศวกรรม (Imagineering) ปรัชญนันท์และปณิตา, 2556</p>	<p>สังคมคลาวด์ (Social Cloud)</p>	<p>EEL Model</p>
<p>2. Software - การเขียนโปรแกรม (Coding) - คอมไพเลอร์ (Compile) - การทดสอบ (Testing)</p>	<p>2. เลือกผู้นำ 1 คน จากสมาชิกในกลุ่มบ้านแต่ละกลุ่ม</p>	<p>2. การออกแบบ (Design) 2.1 ขั้นตอนการร่างแบบ (Draft) 2.2 ขั้นตอนการเขียนสตอรี่บอร์ด (Story board) 2.3 ขั้นตอนการเขียนสคริปต์ (Script) 2.4 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง (Prototype)</p>	<p>2. การทำงานบนระบบร่วมกัน</p>	<p>2. การสร้างจินตนาการ (Imagination) 2.1 ศึกษาเนื้อหา (Study Content) 2.2 การกำหนดโจทย์ (Problem) 2.3 การระดมสมอง (Brainstorm) 2.4 การแสดงความคิดเห็น (Discussion) 2.5 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของจินตนาการ (Feasibility)</p>

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) Tutorialspoint, 2015); Brian Wilson, 2008	เทคนิคจิ๊กซอว์ 2 (Jigsaw2) Slavin, 1990	จินตวิศวกรรม (Imagineering) ปรัชญนันท์และปณิตา, 2556	สังคมคลาวด์ (Social Cloud)	EEL Model
	3. แบ่งบทเรียนออกเป็น 5-6 ส่วน	3. การพัฒนา (Develop) 3.1 ขั้นตอนการสร้าง (Create) 3.2 ขั้นตอนการทดสอบ การทำงาน (Testing)	3. การแลกเปลี่ยนข้อมูล	3. การออกแบบ (Design) 3.1 การเขียนร่างแบบ (Draft) 3.2 การเขียนสตอรี่บอร์ด (Story board)
	4. มอบหมายงานให้ ผู้เรียนแต่ละคนเพื่อศึกษา เรียนรู้	4. การนำเสนอ (Present) 4.1 ขั้นตอนการแสดงผลงาน (Show) 4.2 ขั้นตอนการแข่งขัน (Contest) 4.3 ขั้นตอนการรับฟัง ความคิดเห็น (Suggestion)	4. การมีปฏิสัมพันธ์ใน ระบบ	3.3 การเขียนสคริปต์ (Script) 3.4 การสร้างแบบจำลอง (Prototype) 4. การพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Development) 4.1 การประกอบวงจร (Assembling) 4.2 การเขียนโปรแกรม (Coding) 4.3 การประมวลผล (Compile) 4.4 การทดสอบ (Testing)

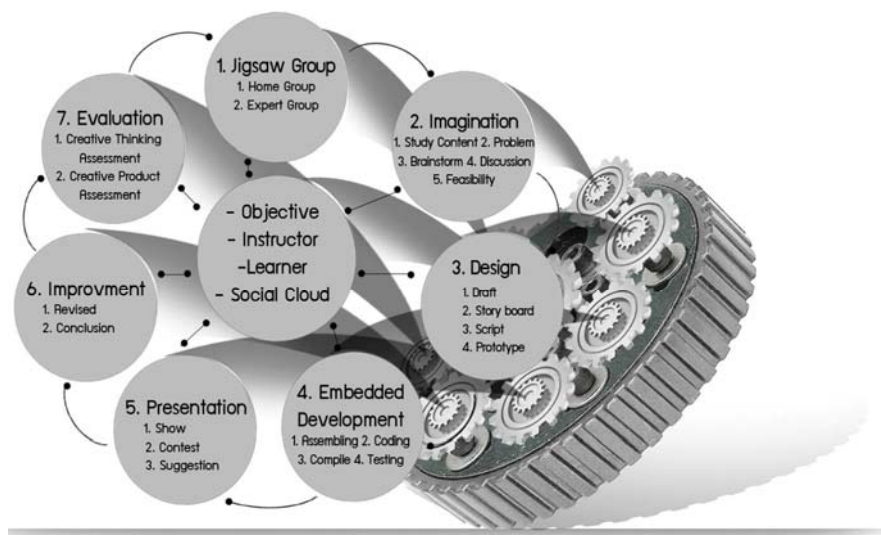
ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) Tutorialspoint, 2015); Brian Wilson, 2008	เทคนิคจิ๊กซอว์ 2 (Jigsaw2) Slavin, 1990	จินตวิศวกรรม (Imagineering) ปรัชญนันท์และปณิตา, 2556	สังคมคลาวด์ (Social Cloud)	EEL Model
	5. ให้ความเวลาผู้เรียนศึกษาและทำความเข้าใจกับงานที่ได้รับมอบหมาย	5. การปรับปรุง (Improvement) 5.1 ขั้นตอนการแก้ไขผลงาน (Revised) 5.2 ขั้นตอนการสรุปผลงาน (Conclusion)	5. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม	5. การนำเสนอ (Presentation) 5.1 การแสดงผลงาน (Show) 5.2 การแข่งขัน (Contest) 5.3 การรับฟังความคิดเห็น (Suggestion)
	6. ให้ผู้เรียนจากกลุ่มบ้านแต่ละกลุ่มที่มีหัวข้อเดียวกันมารวมกันเพื่อสร้างกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group) เพื่อศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับหัวข้อที่ได้รับมอบหมายตามใบงานของสมาชิกในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	6. การประเมินผล (Evaluate) 6.1 ขั้นตอนการประเมินตามจินตนาการ (Process Evaluate) 6.2 ขั้นตอนการประเมินคุณภาพงาน (Product Evaluate)		6. การปรับปรุง (Improvement) 6.1 การแก้ไขผลงาน (Revised) 6.2 การสรุปผลงาน (Conclusion)

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) Tutorialspoint, 2015); Brian Wilson, 2008	เทคนิคจิ๊กซอว์ 2 (Jigsaw2) Slavin, 1990	จินตวิศวกรรม (Imagineering) ปรัชญนันท์และปณิตา, 2556	สังคมคลาวด์ (Social Cloud)	EEL Model
	7. นำผู้เรียนกลับเข้าไปใน กลุ่มบ้านของผู้เรียน			7 การประเมิน (Evaluation)
	8. ให้ผู้เรียนนำเสนอในกลุ่ม บ้านของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม เกี่ยวกับรายละเอียดที่ได้ ศึกษามา			7.1 การประเมินความคิด สร้างสรรค์ (Creative Thinking Assessment)
	9. สมาชิกในกลุ่มบ้าน สามารถสังเกตการกระบวน การเรียนรู้จากกลุ่มบ้านอื่นๆ			7.2 การประเมินผลงาน สร้างสรรค์ (Creative Product Assessment)
	10. ผู้เรียนทำแบบทดสอบ เกี่ยวกับเนื้อหา			

จากตารางที่ 3-1 การวิเคราะห์ สังเคราะห์และการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนหลักดังนี้ 1) การแบ่งกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ (Jigsaw Group) 2) การสร้างจินตนาการ (Imagination) 3) การออกแบบ (Design) 4) การพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Development) 5) การนำเสนอ (Presentation) 6) การปรับปรุง (Improvement) และ 7) การประเมิน (Evaluation) แสดงตามภาพที่ 3.1 นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยหลักของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวคือ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ คุณลักษณะผู้สอน คุณลักษณะผู้เรียนและสังคมคลาวด์ดังแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ไว้ในบทที่ 5



ภาพที่ 3-1 รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

3. ขั้นการประเมิน ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้แบ่งการประเมินออกเป็น 5 ข้อคือ

3.1 การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เป็นการประเมินรูปแบบการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โดยแบบประเมินนี้ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และ ความครอบคลุมของคำถามโดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 ท่าน

โดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 3 ปี ที่เกี่ยวกับด้านการออกแบบการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมและด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ออนไลน์วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์คือ แบบประเมิน โดยมีข้อคำถาม จำนวน 47 ข้อ เป็นคำถามปลายปิด มีจำนวน 41 ข้อ แบบประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) และมีคำถามปลายเปิด จำนวน 6 ข้อ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะเพิ่มเติมได้ โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ประกอบ (2542) ได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.51 - 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด

3.51 - 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับปานกลาง

1.51 - 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิดกระบวนการของรูปแบบการเรียนรู้ออนไลน์วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean:  $\bar{X}$ ) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของความคิดเห็น การพิจารณาค่าของความคิดเห็นจะเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย (ประกอบ, 2542)

### 3.2 เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นในขั้นตอนที่ 1 มาพัฒนาเป็นระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบตามหลักวงจรการพัฒนา (Software Development Life Cycle) แบบ Adapted Waterfall เพราะกระบวนการออกแบบระบบ SDLC แบบ Adapted Waterfall นี้จะมีความยืดหยุ่นมาก สามารถปรับปรุง แก้ไขและเพิ่มฟังก์ชันหรือโมดูลการทำงานได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับกระบวนการดำเนินงาน ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การวิเคราะห์ 2) ออกแบบระบบ 3) การพัฒนา 4) การทดสอบ และ 5. การนำไปใช้ โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์ เป็นการศึกษาถึงแนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ เกี่ยวกับระบบวิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมทั้งเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถรองรับการพัฒนาวิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เช่น Google App เป็นต้น

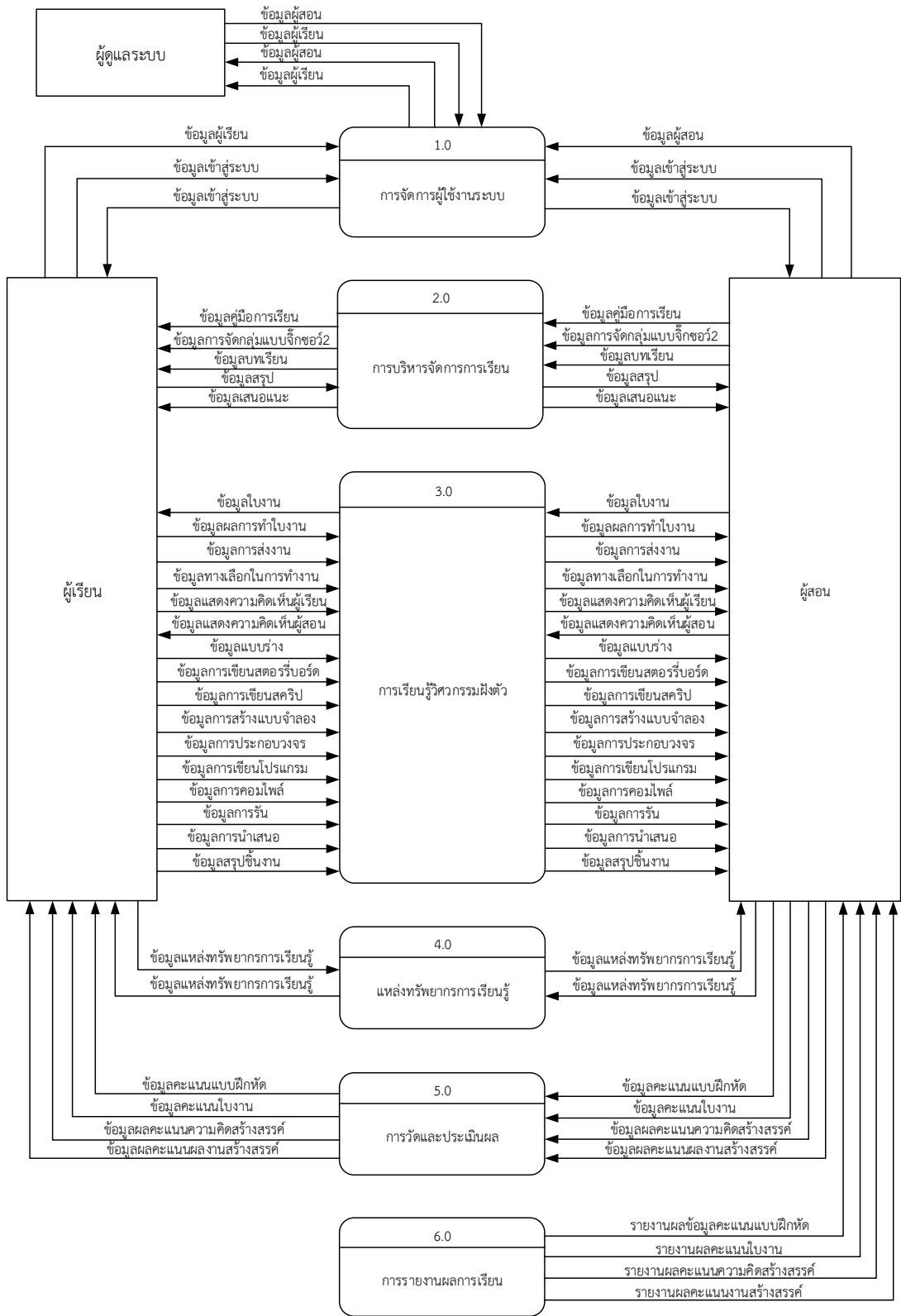
2. ออกแบบระบบเป็นการแสดงถึงรายละเอียดและการทำงานของระบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 2.1 คอนเท็กซ์ไดอะแกรม (Context Diagram) เป็นการแสดงถึงการทำงานภายในระบบบุคคลและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบ ดังแสดงภาพที่ 3-2

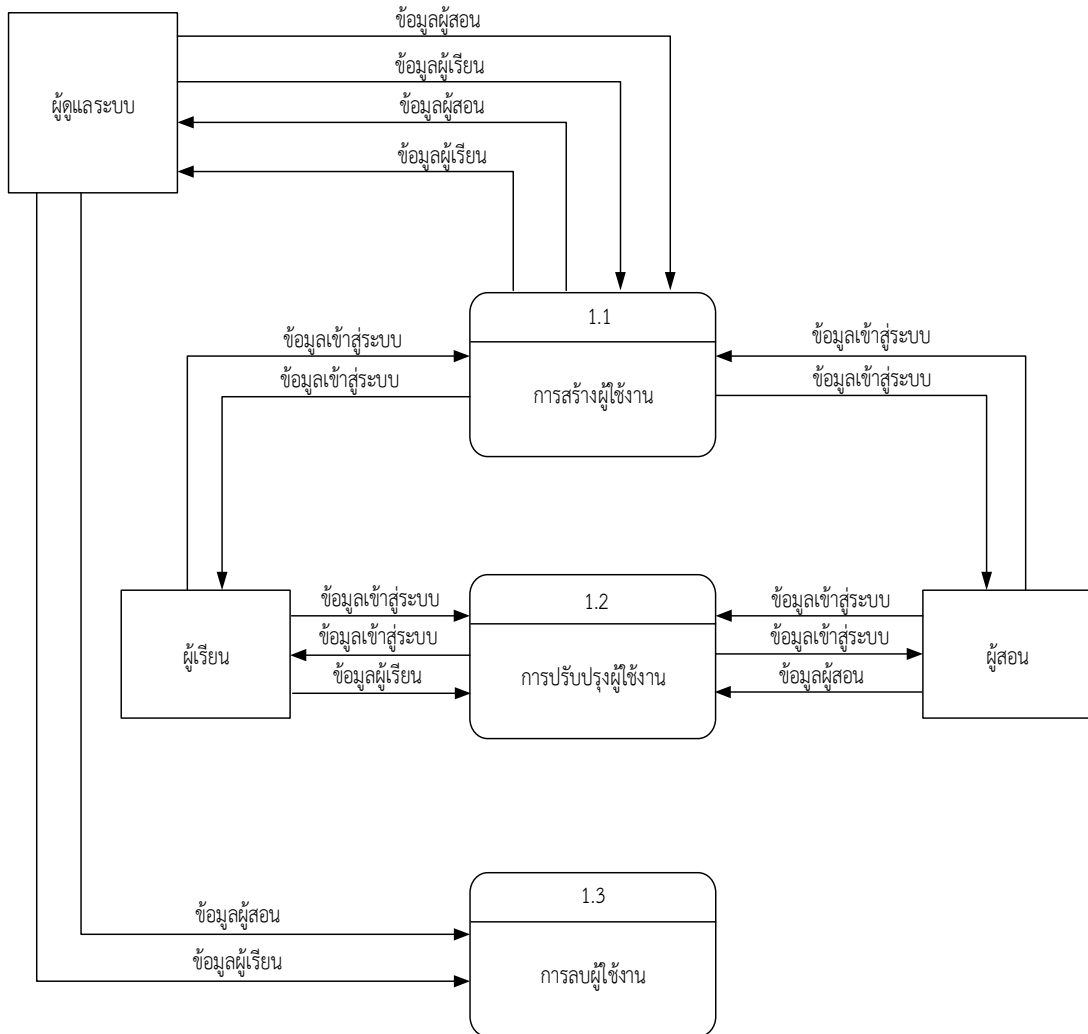


**ภาพที่ 3-2** คอนเท็กซ์ไดอะแกรมระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังค  
คลาวด์

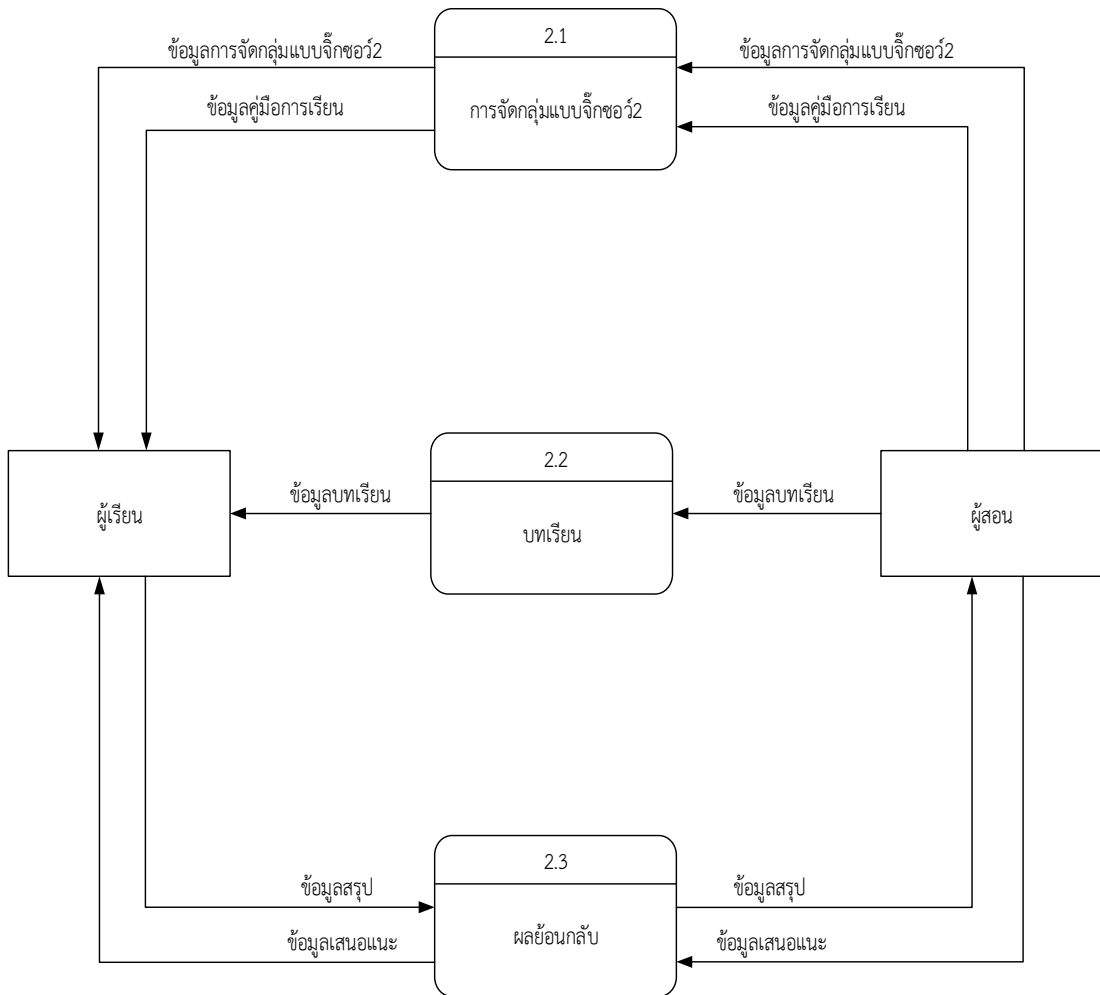
2.2 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 – 4 (Data flow Diagram Level 0 - 4 :  
DFD 0 - 4) เป็นการแสดงถึงการทำงานของระบบและแสดงการไหลของข้อมูล ดัง  
แสดงภาพที่ 3-3 ถึง 3-24



ภาพที่ 3- Data flow Diagram Level 0 ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคม  
3 คลาวด์



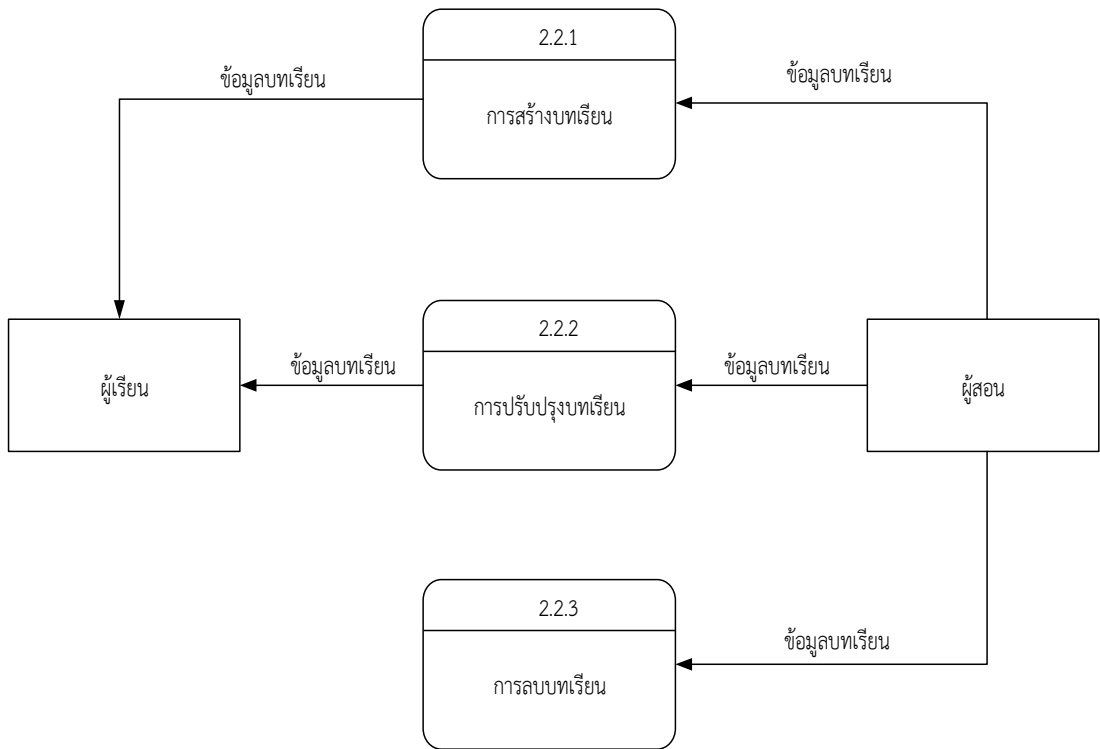
ภาพที่ 3-4 Data flow Diagram Level 1 การจัดการผู้ใช้งานระบบ



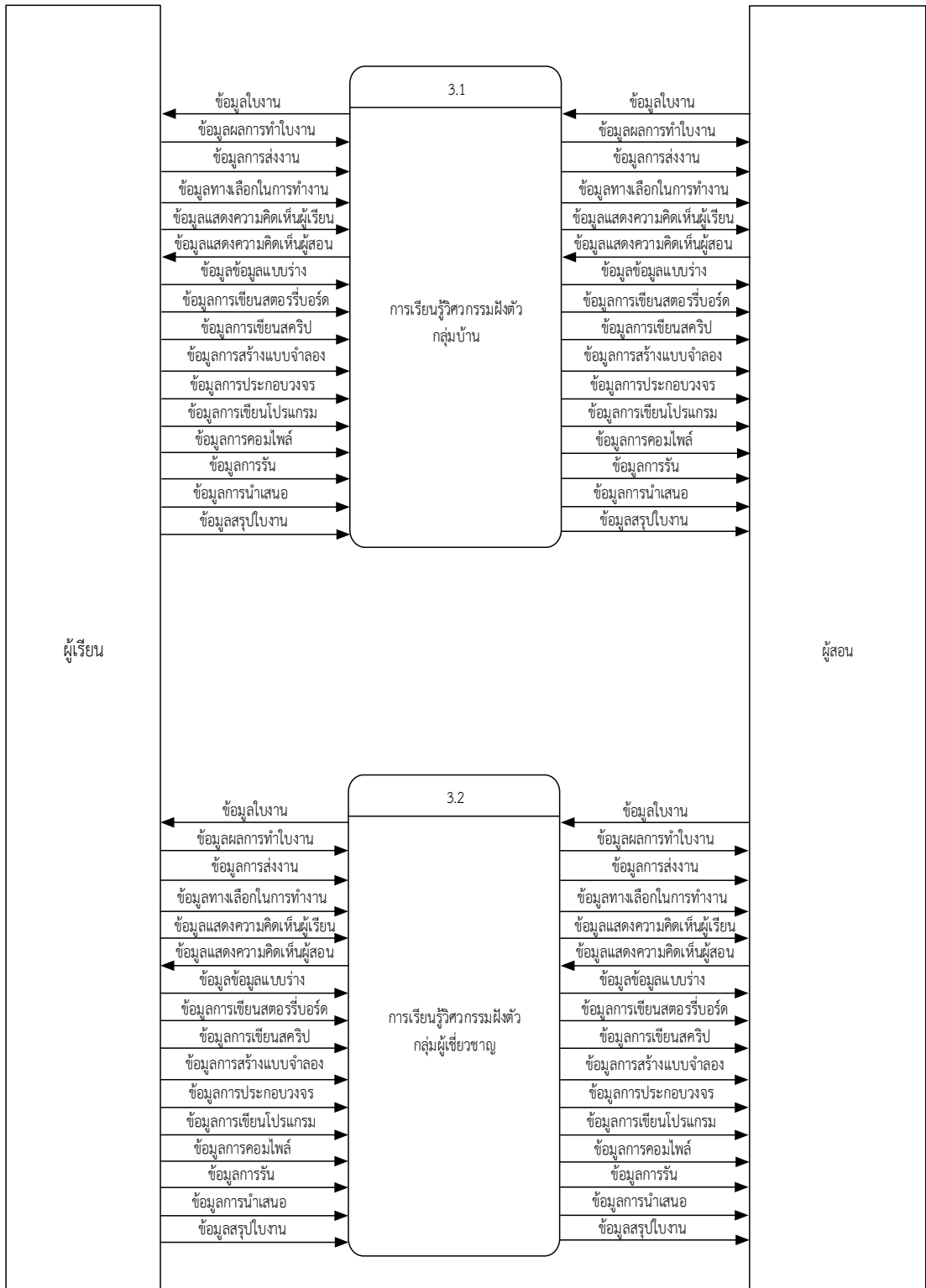
ภาพที่ 3-5 Data flow Diagram Level 1 บริหารการจัดการเรียน



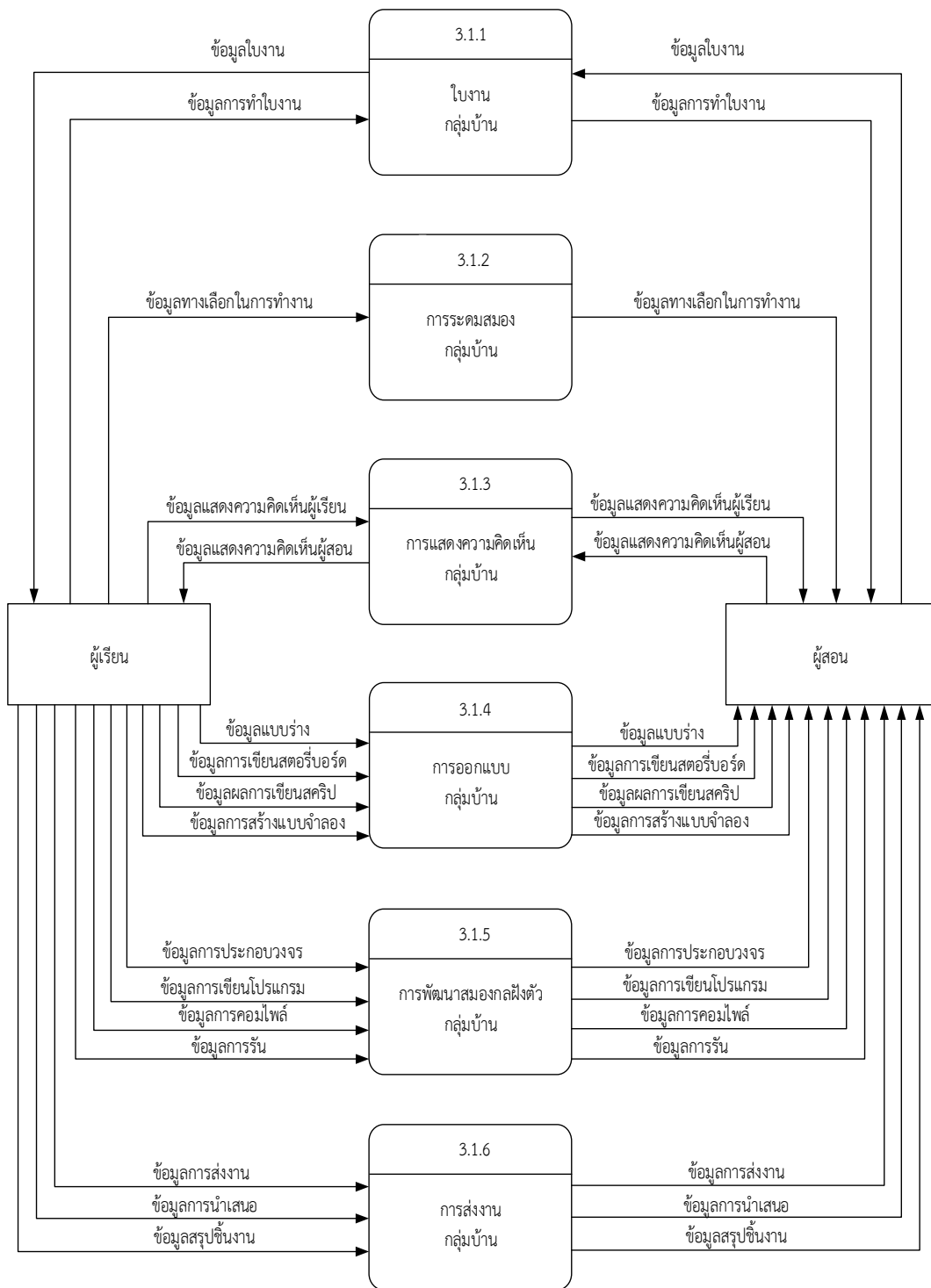
ภาพที่ 3-6 Data flow Diagram Level 2 การจัดกลุ่มแบบจิกซอร์ว2



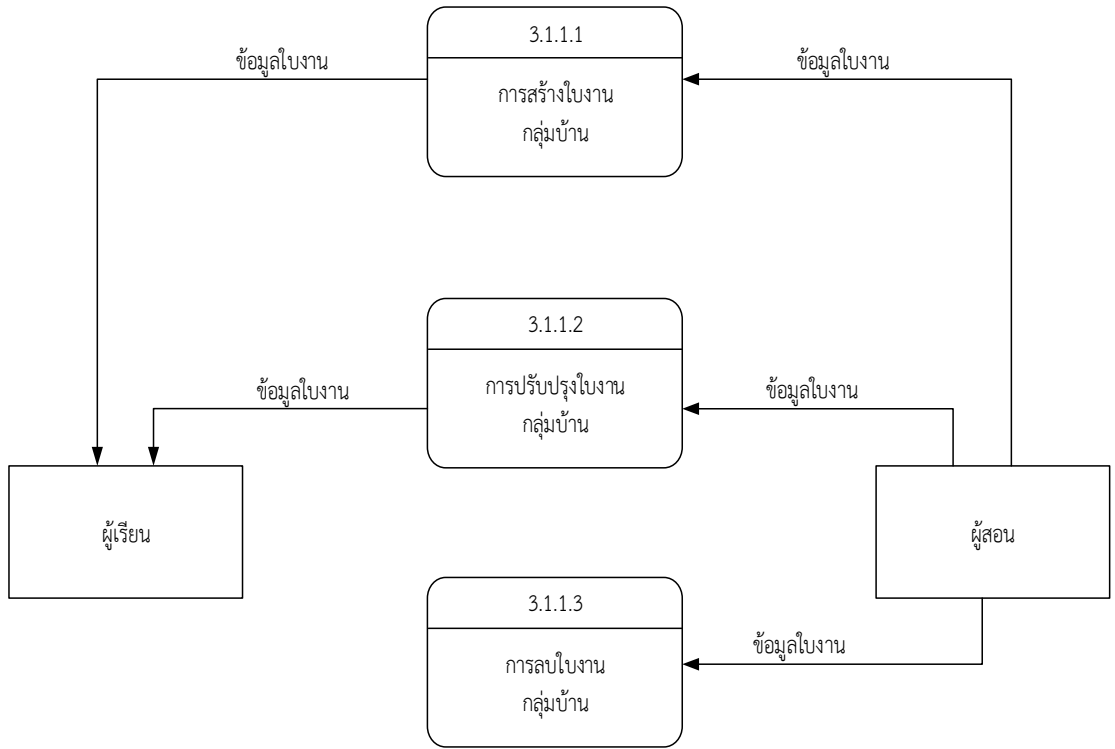
ภาพที่ 3-7 Data flow Diagram Level 2 บทเรียน



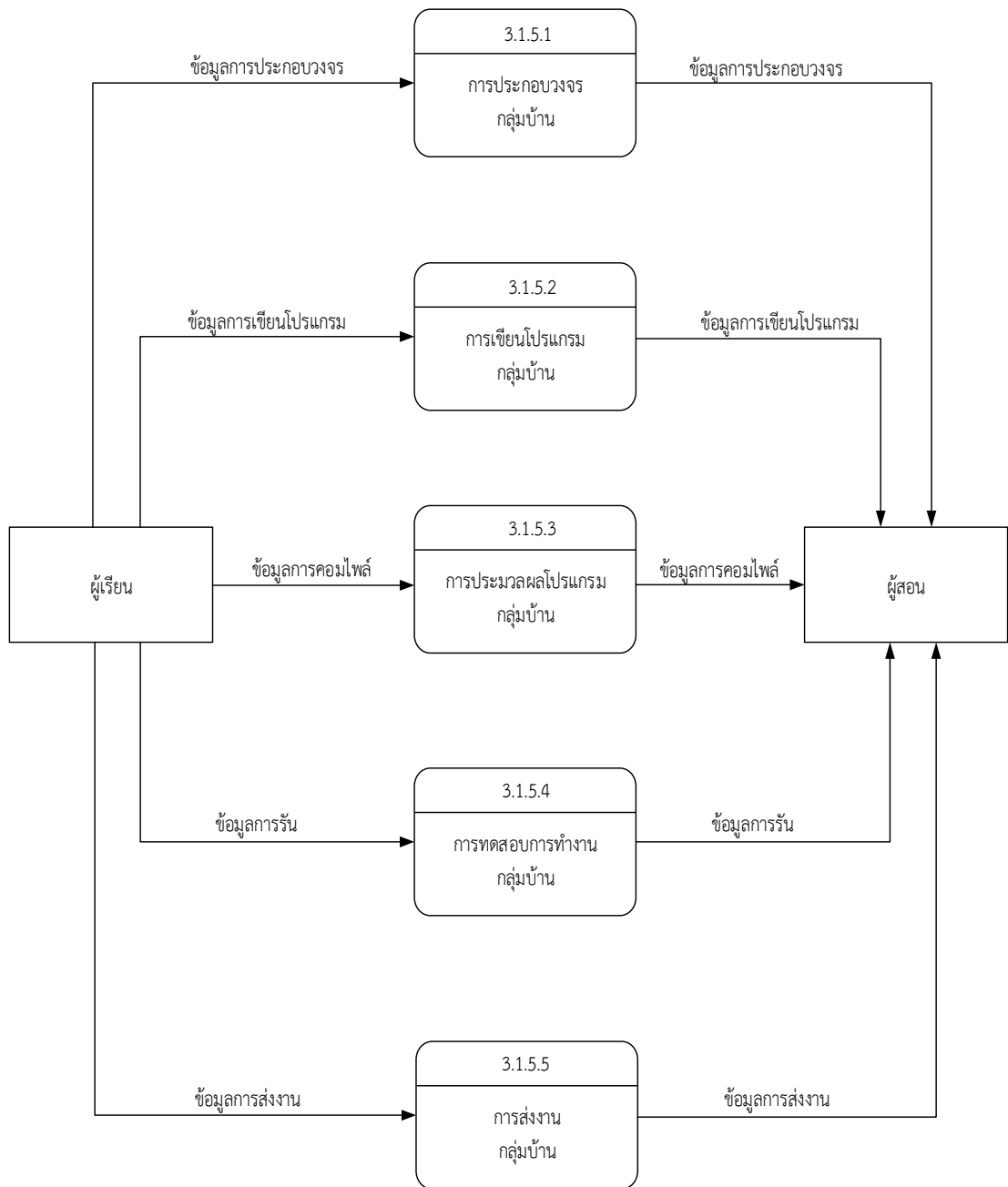
ภาพที่ 3-8 Data flow Diagram Level 1 การเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว



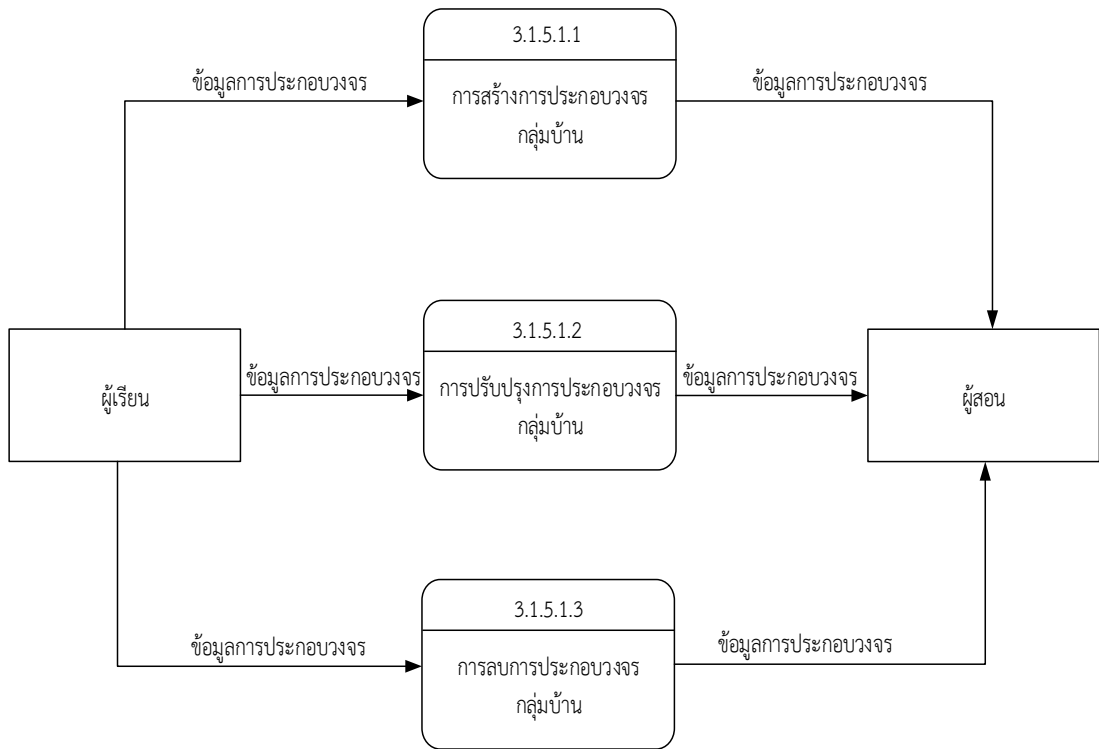
ภาพที่ 3-9 Data flow Diagram Level 2 การเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวของกลุ่มบ้าน



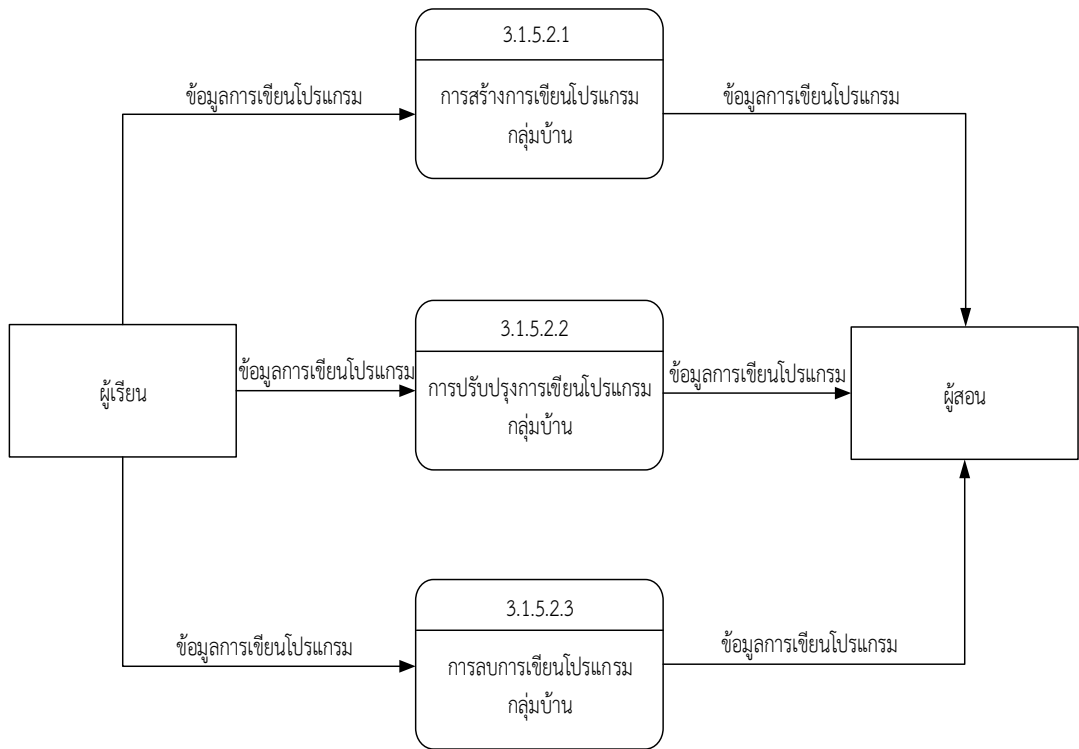
ภาพที่ 3-10 Data flow Diagram Level 3 ใบงานของกลุ่มบ้าน



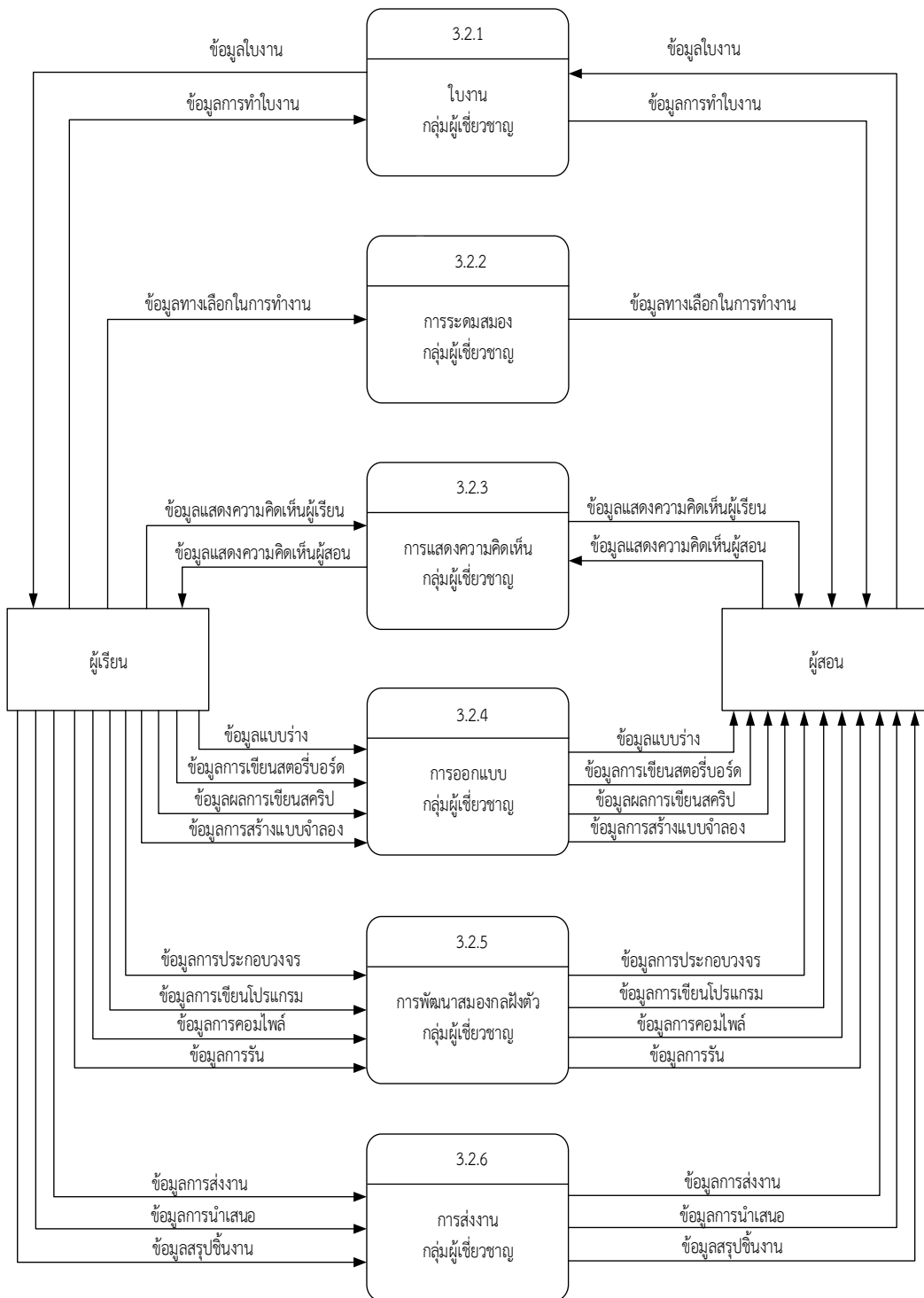
ภาพที่ 3-11 Data flow Diagram Level 3 การพัฒนาสมองกลฝังตัวของกลุ่มบ้าน



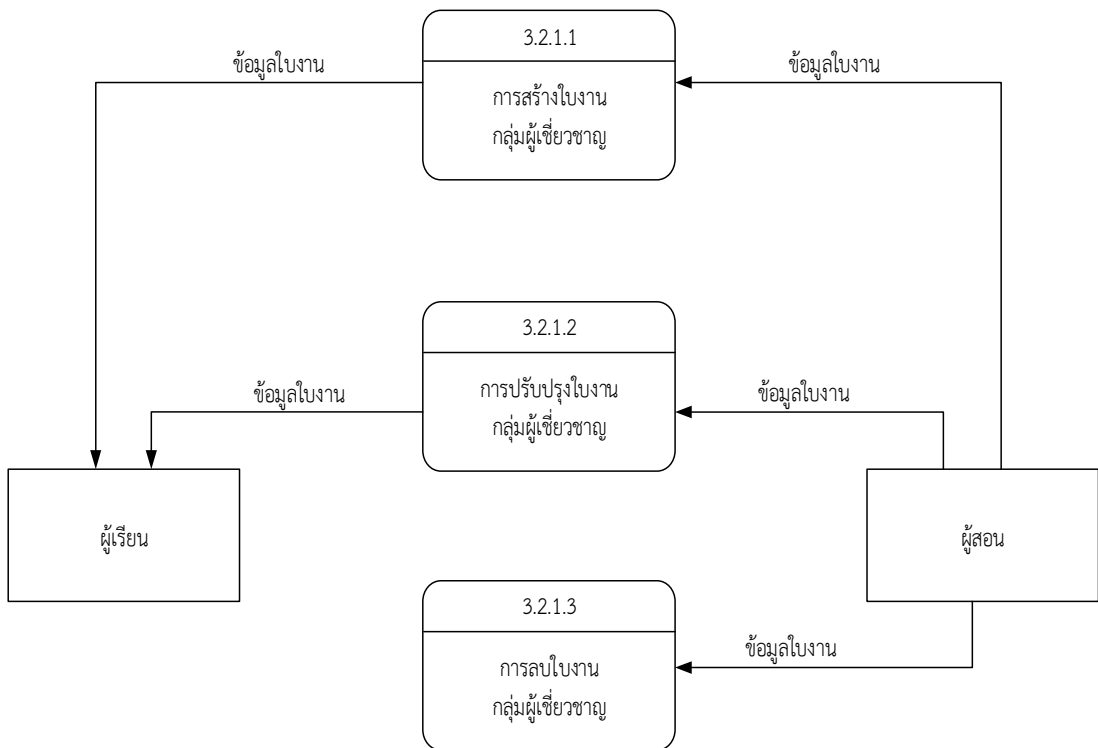
ภาพที่ 3-12 Data flow Diagram Level 4 การประกอบวงจรของกลุ่มบ้าน



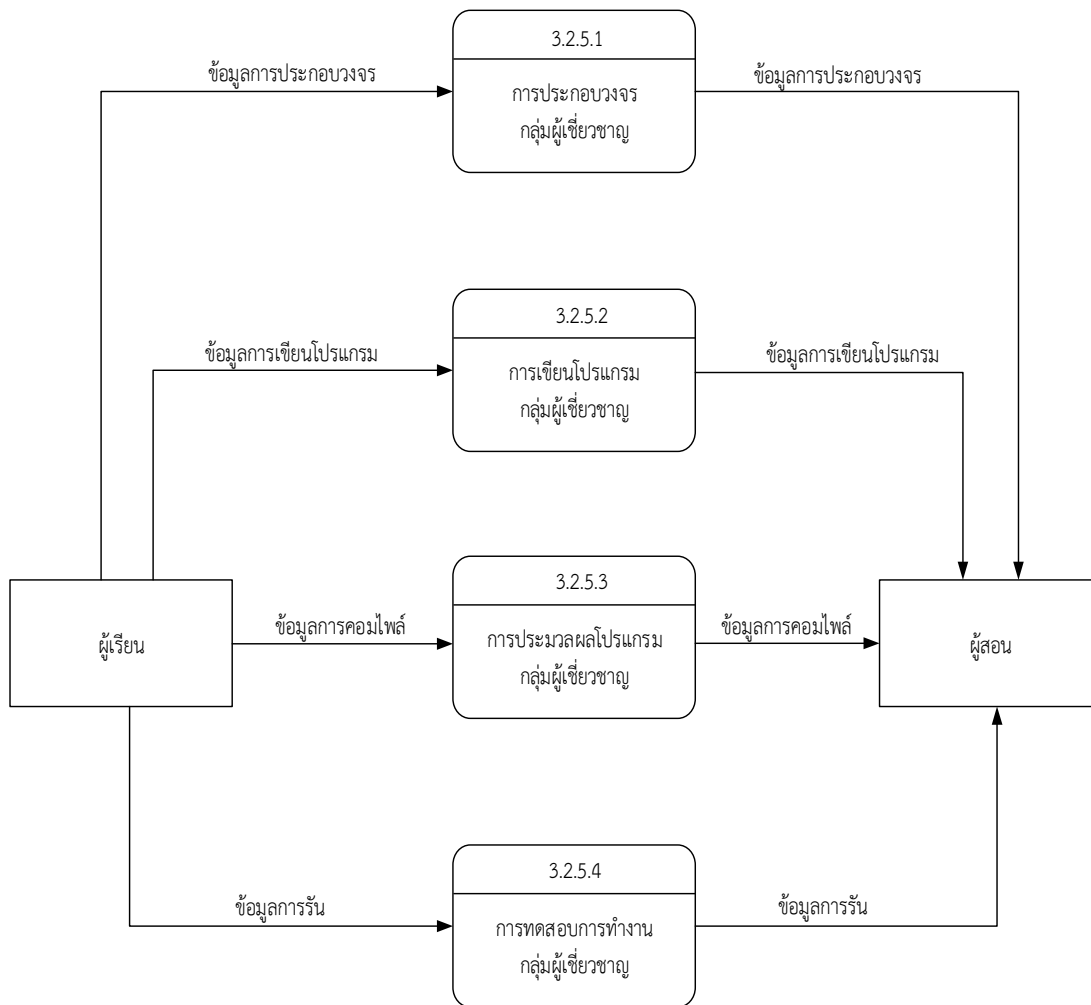
ภาพที่ 3-13 Data flow Diagram Level 4 การเขียนโปรแกรมของกลุ่มบ้าน



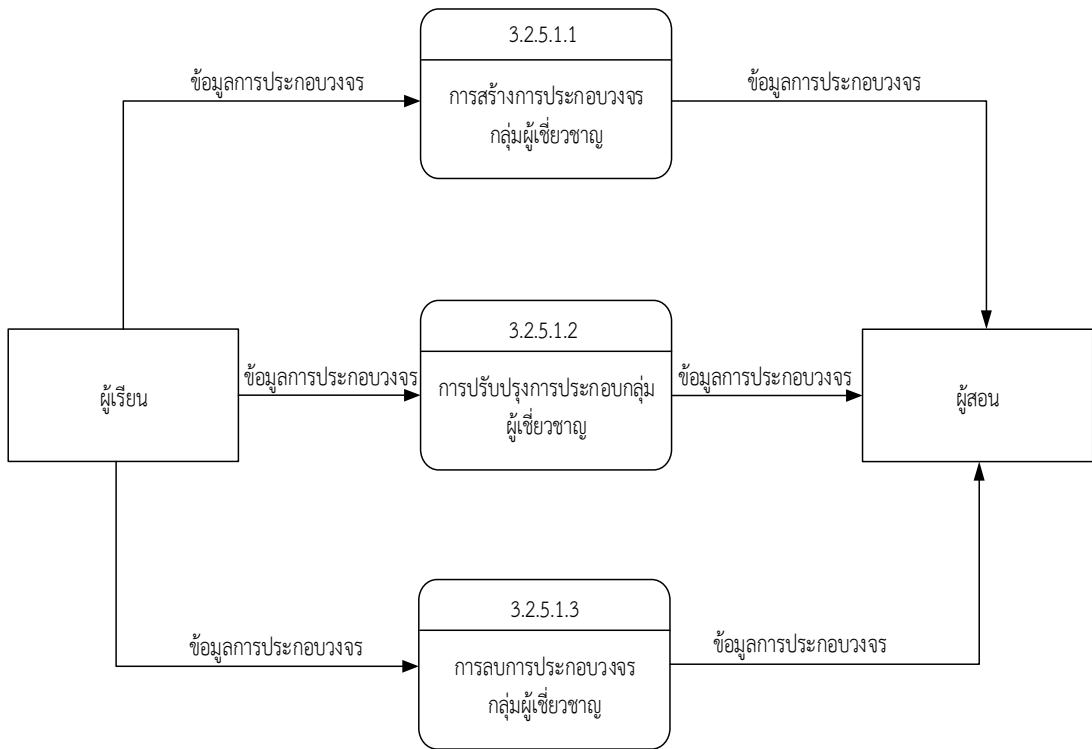
ภาพที่ 3-14 Data flow Diagram Level 2 การเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ



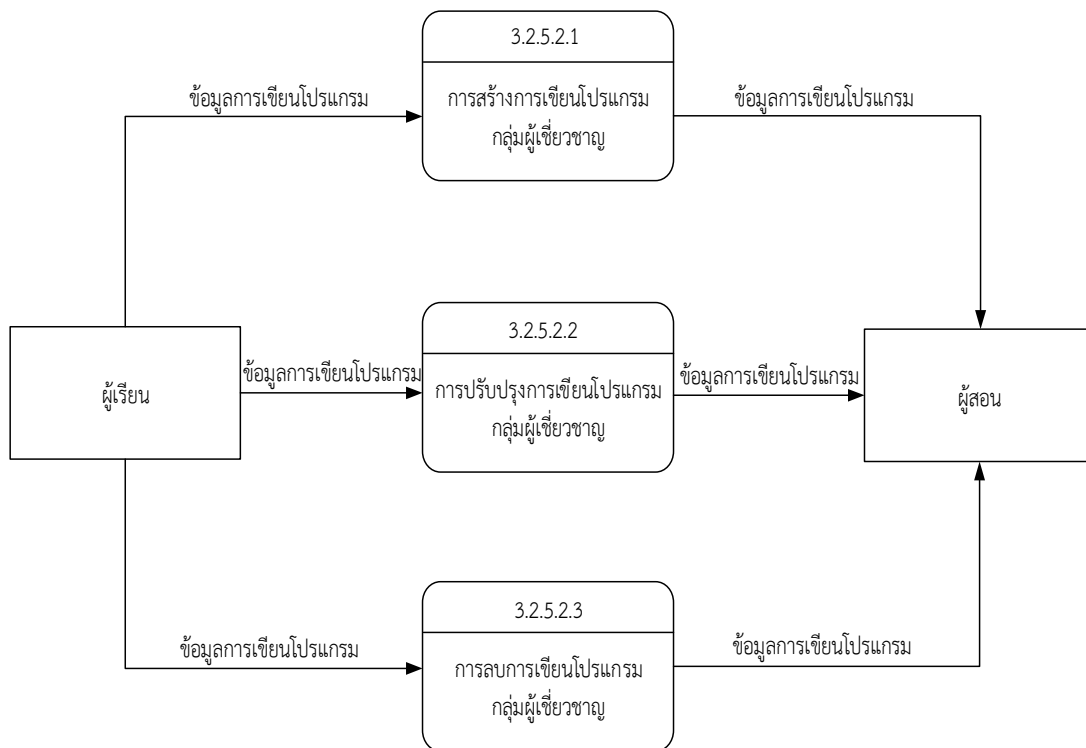
ภาพที่ 3-15 Data flow Diagram Level 3 ใบงานของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ



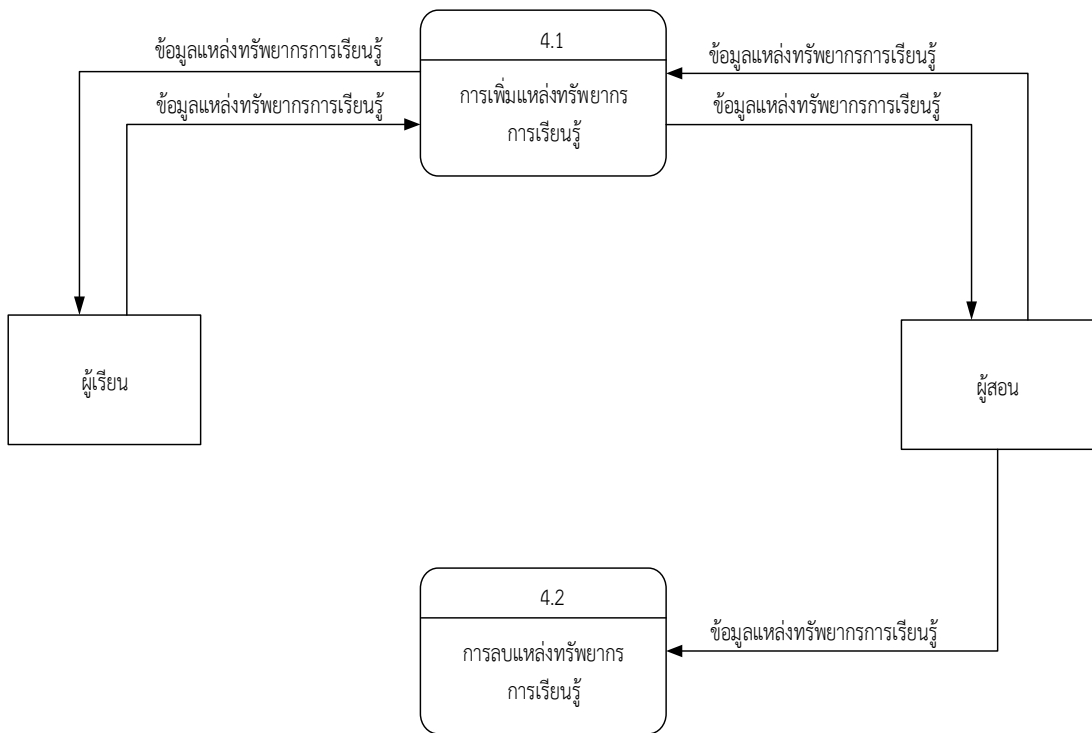
ภาพที่ 3-16 Data flow Diagram Level 3 การพัฒนาสมองกลฝังตัวของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ



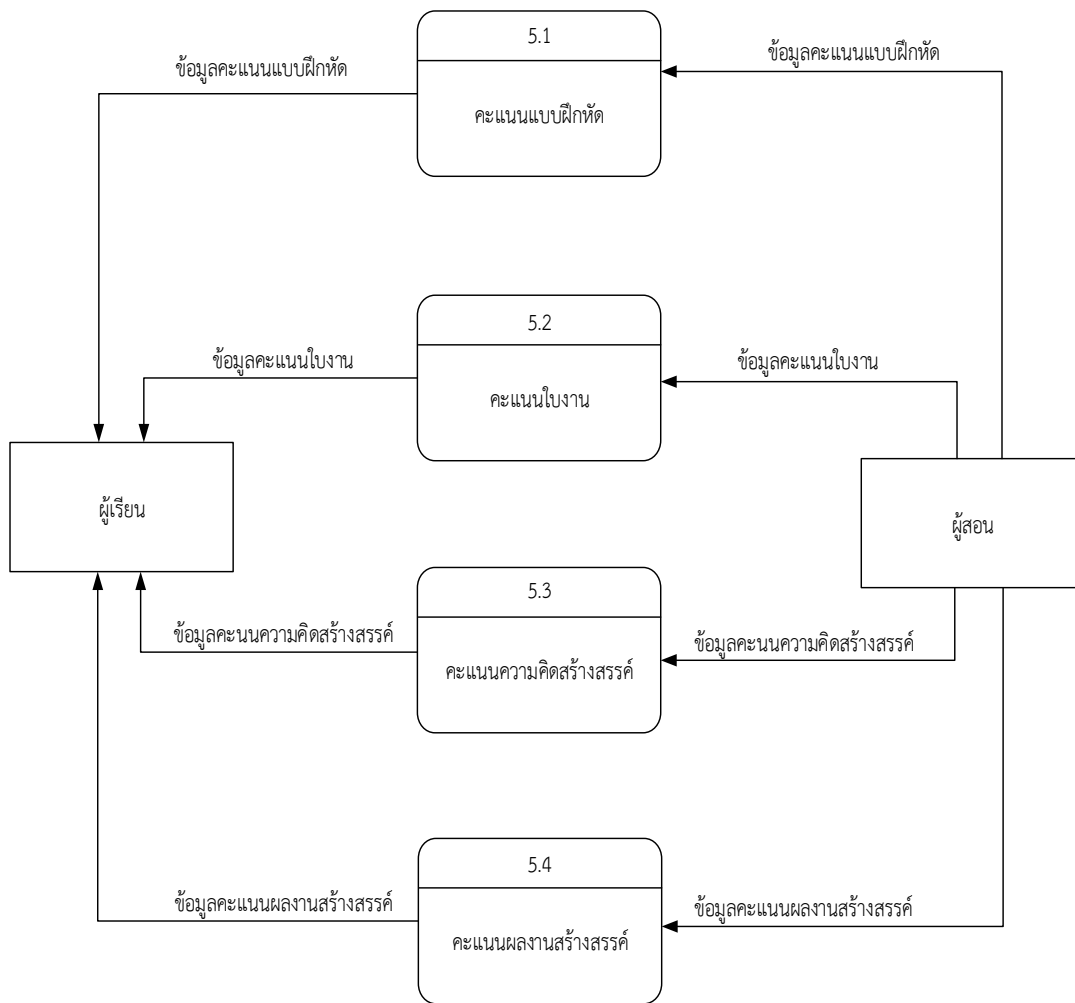
ภาพที่ 3-17 Data flow Diagram Level 4 การประกอบวงจรของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ



ภาพที่ 3-18 Data flow Diagram Level 4 การเขียนโปรแกรมของกลุ่มผู้เรียน



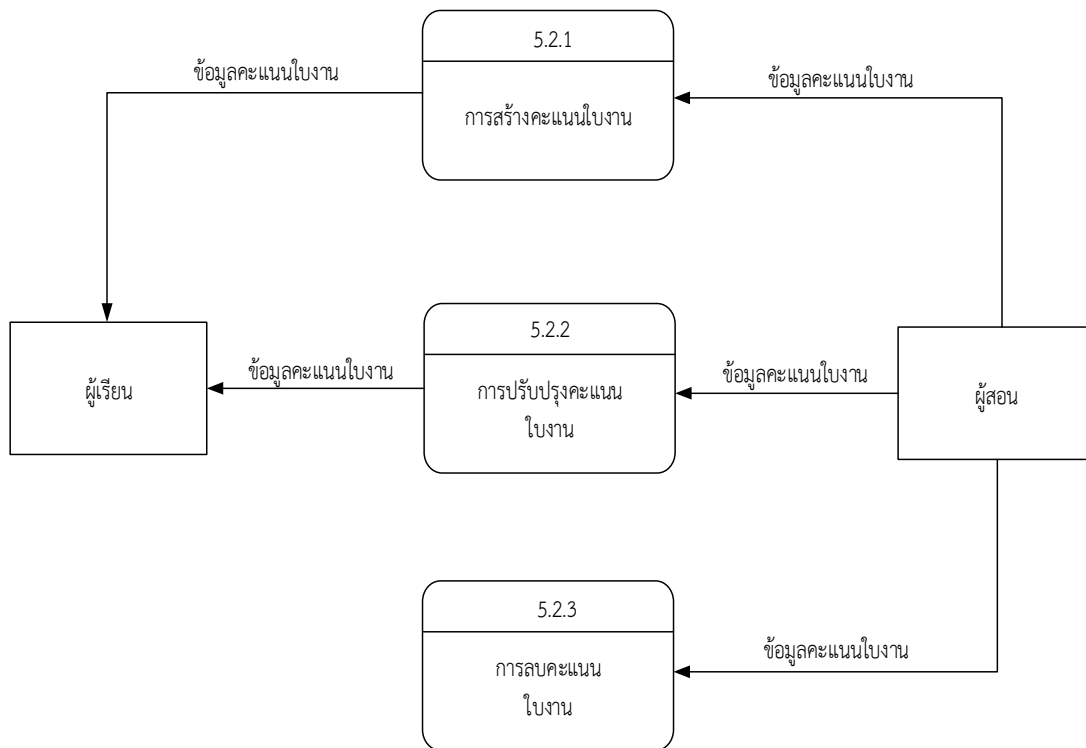
ภาพที่ 3-19 Data flow Diagram Level 1 แหล่งทรัพยากรการเรียนรู้



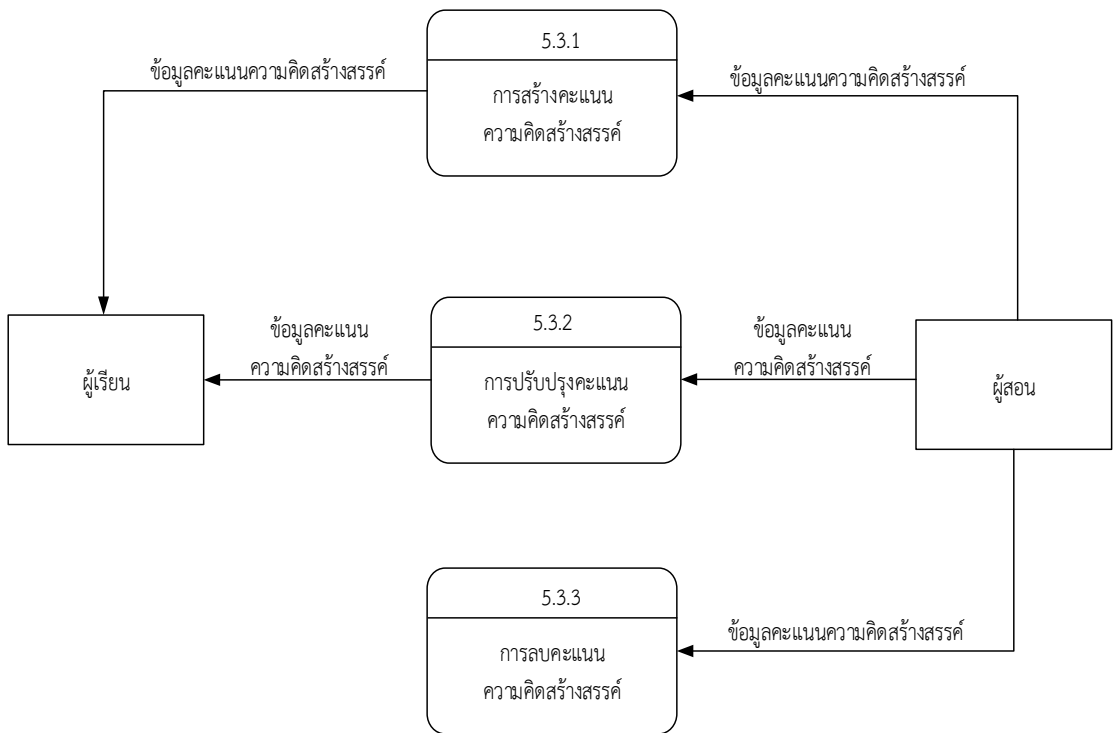
ภาพที่ 3-20 Data flow Diagram Level 1 คะแนน



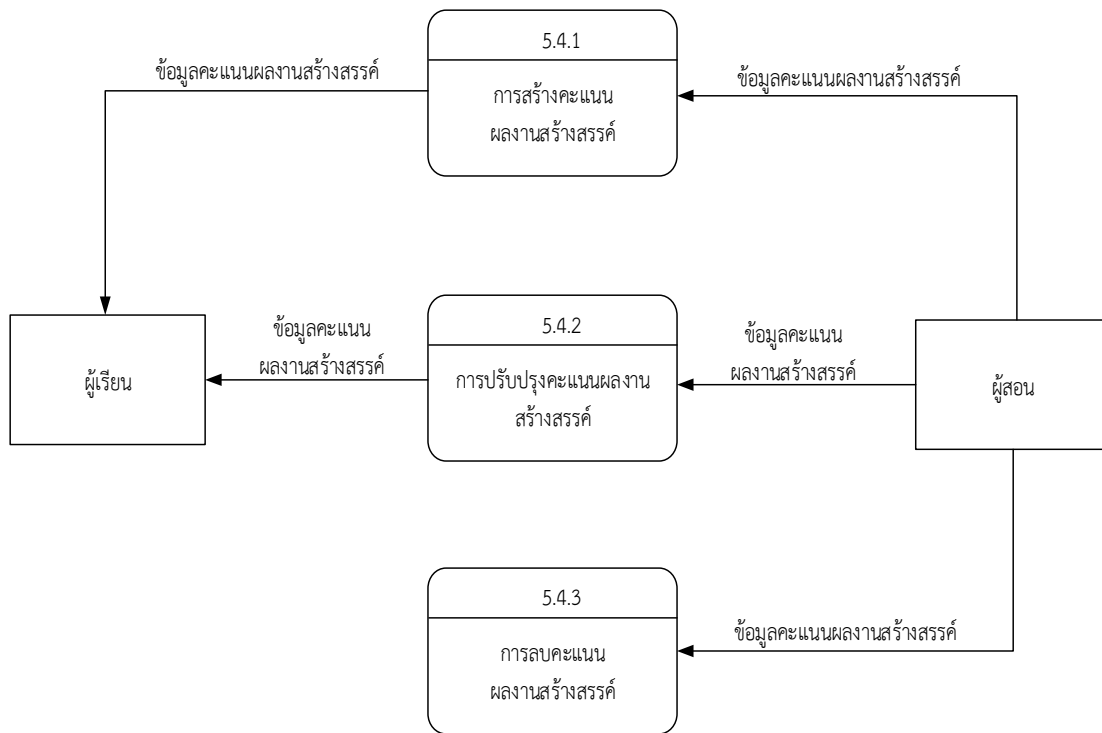
ภาพที่ 3-21 Data flow Diagram Level 2 คะแนนแบบฝึกหัด



ภาพที่ 3-22 Data flow Diagram Level 2 คะแนนใบงาน

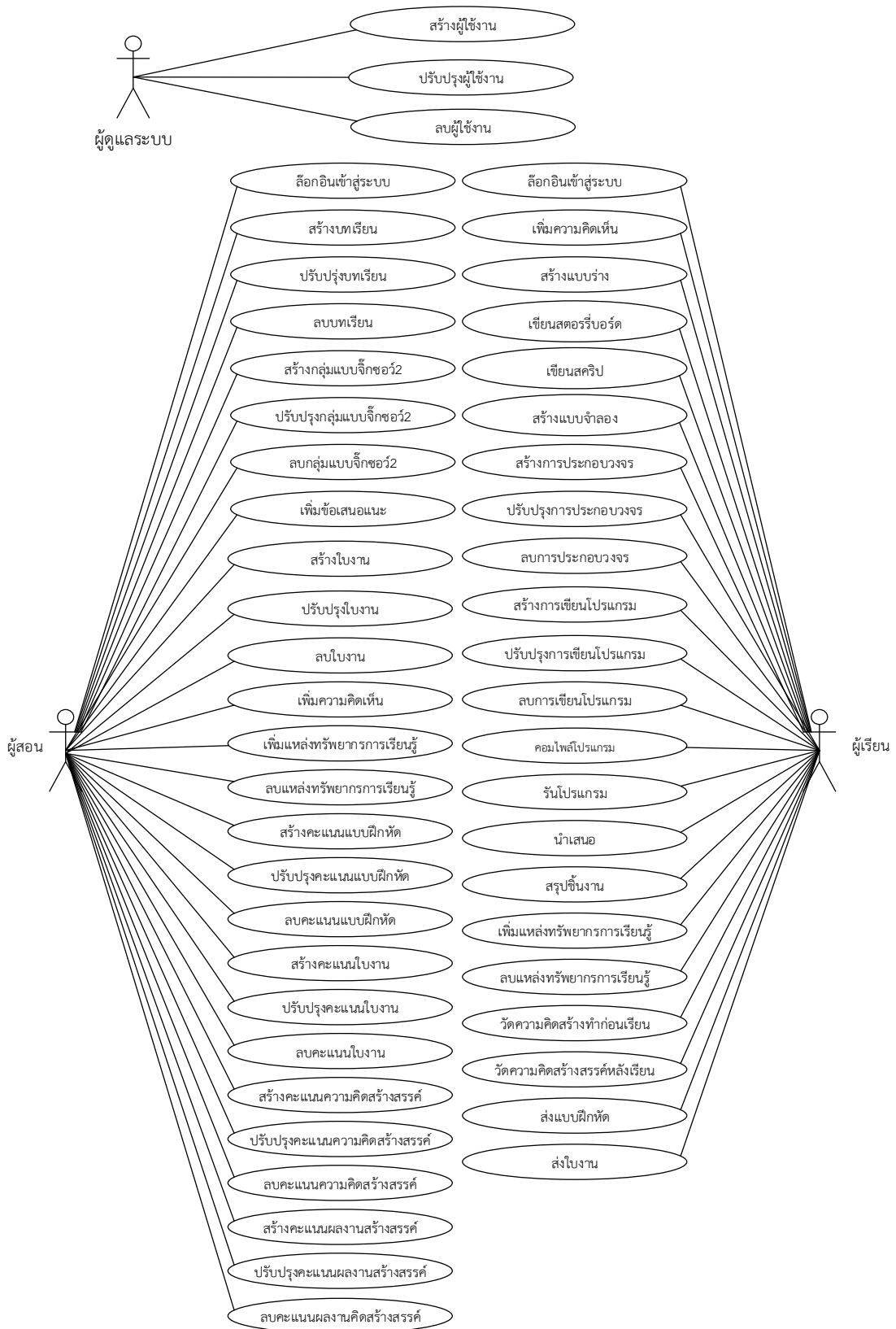


ภาพที่ 3-23 Data flow Diagram Level 2 คะแนนความคิดสร้างสรรค์



ภาพที่ 3-24 Data flow Diagram Level 2 คะแนนผลงานสร้างสรรค์

2.3 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) เป็นแผนภาพในการออกแบบภาพรวมของระบบ แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 3-25



ภาพที่ 3-25 แผนภาพยูสเคสระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา

จากภาพดังกล่าว แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ดังนี้

1.2.1 ผู้ดูแลระบบ ทำหน้าที่กำหนดสิทธิ์ให้กลุ่มผู้ใช้งานซึ่งผู้ใช้งานในระบบประกอบด้วย อาจารย์หลักประจำวิชา และผู้เรียนในรายวิชา โดยมีฟังก์ชันการทำงานสร้างผู้ใช้งาน ปรับปรุงผู้ใช้งาน และลบผู้ใช้งาน

1.2.2 ผู้สอน ทำหน้าที่สร้างเนื้อหาบทเรียน แก้ไขปรับปรุงเนื้อหาบทเรียน ลบเนื้อหาบทเรียน สร้างกลุ่มผู้เรียนแบบจิ๊กซอว์ 2 แก้ไขปรับปรุงกลุ่มผู้เรียนแบบจิ๊กซอว์ 2 ลบกลุ่มผู้เรียนแบบจิ๊กซอว์ 2 สร้างใบงานในแต่ละสัปดาห์ ปรับปรุงใบงานในแต่ละสัปดาห์ ลบใบงานในแต่ละสัปดาห์ แก้ไขปรับปรุงแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนดังนี้ เพิ่มแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ ลบแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ เพิ่มข้อเสนอแนะในการทำงาน สร้างคะแนนแบบฝึกหัด ปรับปรุงคะแนนแบบฝึกหัด ลบคะแนนแบบฝึกหัด สร้างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ปรับปรุงคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ลบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ สร้างคะแนนผลงานสร้างสรรค์ ปรับปรุงคะแนนผลงานสร้างสรรค์ ลบคะแนนผลงานสร้างสรรค์

1.2.3 ผู้เรียน ทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน ศึกษาเนื้อหาบทเรียน ทำแบบฝึกหัดแต่ละบทเรียน ทำใบงานรายสัปดาห์ โดยมีขั้นตอนดังนี้ สร้างแบบ เขียนสตอรี่บอร์ด เขียนสคริปต์ สร้างแบบจำลอง สร้างการประกอบวงจร ปรับปรุงการประกอบวงจร ลบการประกอบวงจร เขียน โปรแกรมโดยมีขั้นตอนดังนี้ สร้างการเขียนโปรแกรม ปรับปรุงการเขียนโปรแกรม ลบการเขียนโปรแกรม คอมไพล์โปรแกรม รันโปรแกรม แก้ไขปรับปรุงแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนดังนี้ เพิ่มแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ ลบแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ ส่งแบบฝึกหัด ส่งใบงาน นำเสนอผลงาน เพิ่มความคิดเห็น สรุปชิ้นงาน วัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน

3. การพัฒนา (Development) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยนำผลลัพธ์จากการออกแบบมาพัฒนาระบบตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยผู้วิจัยจะเลือกนำเครื่องมือต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสมและสามารถรองรับการใช้งานหลักของผู้สอนและผู้เรียน เพื่อให้ระบบมีคุณภาพสอดคล้องตามวัตถุประสงค์และกระบวนการของงานวิจัยนี้ โดยในกระบวนการพัฒนานี้ผู้วิจัยได้นำคุณภาพของแผนการสอน คุณภาพเนื้อหา แบบการประเมินผลงานสร้างสรรค์และระบบไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การประเมินคุณภาพของแผนการสอนสำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้ วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ เป็นการประเมินโครงสร้างสำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา โดยแบบประเมินนี้ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และความครอบคลุมของคำถามโดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่า

ระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 3 ปี ที่เกี่ยวกับด้านการออกแบบการเรียนการสอน ด้านวิศวกรรมและด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของแผนการสอนสำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา คือ แบบประเมินโดยมีข้อคำถามมี จำนวน 20 ข้อ เป็นคำถามปลายปิดมี จำนวน 19 ข้อ แบบประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) และมีคำถามปลายเปิด จำนวน 1 ข้อ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะเพิ่มเติมได้ โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ประกอบ (2542) ได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.51 - 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด

3.51 - 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับปานกลาง

1.51 - 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพของแผนการสอนสำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean:  $\bar{X}$ ) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของความคิดเห็น การพิจารณาค่าของความคิดเห็นจะเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย (ประกอบ, 2542)

3.2 การประเมินคุณภาพเนื้อหาสำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา โดยแบบประเมินนี้ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และความครอบคลุมของคำถามโดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 3 ปี ที่เกี่ยวกับด้านการออกแบบการเรียนการสอน ด้านวิศวกรรมและด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพเนื้อหาของการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์คือแบบประเมิน โดยข้อคำถามมี จำนวน 23 ข้อ เป็นคำถามปลายปิดมี จำนวน 22 ข้อ แบบประมาณ

ค่า 5 ระดับ (Likert Scale) และมีคำถามปลายเปิด จำนวน 1 ข้อ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะเพิ่มเติมได้ โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ประกอบ (2542) ได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.51 - 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด

3.51 - 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับปานกลาง

1.51 - 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคุณภาพเนื้อหาสำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้  
วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์โดยใช้สถิติเชิง  
พรรณนาได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean:  $\bar{X}$ ) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)  
ของความคิดเห็น การพิจารณาค่าของความคิดเห็นจะเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของ  
ค่าเฉลี่ย (ประกอบ, 2542)

3.3 การประเมินผลงานสร้างสรรค์ เป็นแบบการประเมินผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนหลัง  
เรียนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา แบบประเมินนี้ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อประเมิน  
ตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ โดยมีมาตรการวัดผล  
งานความคิดสร้างสรรค์ 4 ระดับ คือ 0-3 โดยผู้วิจัยใช้ได้กำหนดเกณฑ์ประเมินคะแนนของผลงานสร้างสรรค์  
แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ระดับที่ 5 คะแนนรวม 25 – 30 หมายถึงงานมีคุณภาพระดับดีมาก ระดับที่ 4  
คะแนนรวม 19 – 24 หมายถึงงานมีคุณภาพระดับดี ระดับที่ 3 คะแนนรวม 13 – 18 หมายถึงงานมี  
คุณภาพระดับปานกลาง ระดับที่ 2 คะแนนรวม 7 – 12 หมายถึงงานมีคุณภาพระดับพอใช้ และระดับ  
ที่ 1 คะแนนรวม 0 – 6 หมายถึงงานมีคุณภาพระดับปรับปรุง โดยแบบประเมินนี้ได้ผ่านการตรวจ  
คุณภาพเกี่ยวกับความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และ  
ความครอบคลุมของคำถามโดยอาจารย์ปริญญาวิทยานิพนธ์แล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน  
โดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์  
ไม่น้อยกว่า 3 ปี ที่เกี่ยวกับด้านการออกแบบ การเรียนการสอน ด้านวิศวกรรมและด้านเทคโนโลยี  
สารสนเทศ

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคือแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์มีข้อความ จำนวน 11 ข้อ เป็นคำถามปลายปิด จำนวน 10 ข้อ แบบประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) และมีคำถามปลายเปิด จำนวน 1 ข้อ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะเพิ่มเติมได้ โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ประกอบ (2542) ได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.51 - 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด

3.51 - 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับปานกลาง

1.51 - 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean:  $\bar{X}$ ) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของความคิดเห็น การพิจารณาค่าของความคิดเห็นจะเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย (ประกอบ, 2542)

3.4 การประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้สำหรับระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาโดยแบบประเมินนี้ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และความครอบคลุมของคำถามโดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาโท และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 3 ปี ที่เกี่ยวข้องกับด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา คือ แบบประเมิน โดยมีข้อความ จำนวน 22 ข้อ เป็นคำถามปลายปิด จำนวน 21 ข้อ แบบประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) และมีคำถามปลายเปิด จำนวน 1 ข้อ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะเพิ่มเติมได้ โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ประกอบ (2542) ได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.51 - 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด

3.51 - 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับปานกลาง

1.51 - 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคุณภาพของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean:  $\bar{X}$ ) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของความคิดเห็น การพิจารณาค่าของความคิดเห็นจะเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย (ประกอบ, 2542)

3.5 การประเมินประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โดยแบบประเมินนี้ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และความครอบคลุมของคำถามโดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 3 ปี ที่เกี่ยวข้องกับด้านการออกแบบการเรียนการสอนด้านวิศวกรรม และด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ คือ แบบประเมิน โดยมีข้อคำถาม จำนวน 22 ข้อ เป็นคำถามปลายปิด มีจำนวน 21 ข้อ แบบประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) และมีคำถามปลายเปิด จำนวน 1 ข้อ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะเพิ่มเติมได้ โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ประกอบ (2542) ได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.51 - 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด

3.51 - 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับปานกลาง

1.51 - 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคุณภาพของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean:  $\bar{X}$ ) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของความคิดเห็น การพิจารณาค่าของความคิดเห็นจะเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย (ประคอง, 2542)

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ (Testmycreativity) ของบริษัท AULIVE โดยมีข้อคำถามจำนวน 40 ข้อ คะแนนรวม 100 คะแนน เป็นการประเมินความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โดยแบบประเมินนี้มีสอดคล้องและมีความเหมาะสมกับงานวิจัยเพราะงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นที่กระบวนการสร้างสรรค์ที่นำไปสู่ผลงานสร้างสรรค์

4. การทดสอบ (Testing) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนเกี่ยวกับการทดสอบระบบก่อนการนำไปใช้จริง โดยผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบเกี่ยวกับคุณภาพและประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเช่น ฟังก์ชันการทำงานของระบบโดยใช้เทคนิคทดสอบกล่องดำ (Black Box Testing) หากมีความผิดพลาดก็ทำการแก้ไขปรับปรุงและนำไปทดสอบใช้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังทำการทดสอบระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์โดยการนำไปใช้สอนจริงกับนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 30 คน โดยผู้สอนจะเป็นผู้จัดกลุ่มการเรียนแบบกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วยนักศึกษาที่มีผลการเรียนระดับเก่ง กลาง อ่อน และเป็นผู้สอนจะเป็นผู้สังเกตการณ์ควบคุมการเรียนบนระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ จากการทดสอบพบว่านักศึกษาที่เรียนด้วยระบบนี้สามารถสามารถถ่ายทอด พูดคุยช่วยกันออกความคิดเห็น แสวงหาความรู้และแหล่งทรัพยากรในการศึกษาเนื้อหาแต่ละหัวข้อตามที่ได้รับมอบหมาย นอกจากนี้นักศึกษายังสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการทำงาน นำเสนอผลงานตามใบงานรายสัปดาห์ที่ผู้สอนเป็นผู้กำหนดและนักศึกษายังสามารถนำชิ้นงานรายสัปดาห์ไปประกอบเป็นผลงานปลายภาค นอกจากนี้ผู้สอนได้นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ไปทดลองใช้กับนักศึกษาจำนวน 30 คน ตามที่กล่าวมาเพื่อหาค่าความเที่ยง (ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบราค) ซึ่งได้ผลค่าความเที่ยง = .959 แสดงว่าแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์สามารถนำไปใช้ได้ และนำแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ของอาจารย์ 2 ท่าน ไปทดลองใช้ในการประเมินผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียน พบว่าอาจารย์ 2 ท่านมีการประเมินผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนสอดคล้องกัน (Inter-correlation) = .873 แสดงว่าแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์สามารถนำไปใช้งานได้จริง

ชัยยงค์ (2556) ได้กำหนดเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพคือ E1/E2 เท่ากับ 75/75 โดยผู้สอนได้นำผลคะแนนต่าง ๆ มาคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งได้ผลคะแนน E1/E2 เท่ากับ 76.75/77.78 จากผลคะแนนดังกล่าวสามารถสรุป

ได้ว่าระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาด้วยในเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบนี้สามารถช่วยพัฒนาผู้เรียนเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และสร้างผลงานสร้างสรรค์

5. การนำไปใช้ (Implementation) คือการนำระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาไปใช้งานจริง เป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์

5.1 ประชากรคือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 7 ห้อง

5.2 กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้อง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่มเพราะในระบบการลงทะเบียนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ผู้เรียนจะดำเนินการลงทะเบียนผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยฝ่ายวิชาการเป็นส่วนงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดเปิดจำนวนห้องเรียนในแต่ละรายวิชา ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถกำหนดและแบ่งแยกผู้เรียนเข้าห้องเรียนแต่ละห้องได้เอง จึงทำให้เป็นข้อจำกัดในการที่ผู้วิจัยจะสุ่มผู้เรียนเข้าห้องเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องใช้ในการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (กลุ่มงานทะเบียนและสถิตินักศึกษา, 2561) และมีการสุ่มอย่างง่ายเพื่อกำหนดกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยแต่ละห้องมีนักศึกษาห้องละ 40 คน

5.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 1 ภาคเรียน จำนวน 15 สัปดาห์

5.4 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ วิชาไมโครโปรเซสเซอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

5.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1. แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ 2. แบบประเมินคุณภาพแผนการเรียนการสอน 3. แบบประเมินคุณภาพเนื้อหา 4. แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ 5. แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ 6. แบบประเมินคุณภาพระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ และ 7. ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา คือ ระบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยได้ออกแบบเพื่อรองรับการเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ประกอบด้วย 6 กระบวนการ ได้แก่ 1) การจัดการผู้ใช้งานระบบ 2) การบริหารจัดการเรียน 3) การเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว 4) แหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ 5) การวัดและประเมินผล และ 6) รายงานผลการเรียน โดยทั้ง 6 กระบวนการ จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ปฏิบัติการทดลอง ใบงาน แบบฝึกหัดบนสังคมนาฬิกา นอกจากนี้ผู้เรียนยังสามารถแลกเปลี่ยน แชร์ ระดมสมอง รวมทั้งยังสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อรองรับการใช้งานของระบบสมองกลฝังตัว

### 3.3 เพื่อศึกษาผลการใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ทั้งหมด 5 ข้อดังนี้ โดยรายละเอียดทั้งหมดผู้วิจัยได้นำเสนอไว้ที่ผลการวิจัยในบทที่ 4

1. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
  2. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง
  3. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
  4. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75)
  5. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75) โดยมีสมมติฐานงานวิจัยดังนี้
    1. กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม
    2. กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน
    3. กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุม
    4. กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์
    5. กลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์
- ในการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ ผู้วิจัยใช้สถิติอนุมานในการทดสอบสมมติฐานดังนี้
1. One Sample t test กับการทดสอบสมมติฐานข้อ 4 และ 5
  2. Independent t test กับการทดสอบสมมติฐานข้อ 1
  3. Paired Sample t test ทดสอบสมมติฐานข้อ 2
  4. One way MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) ทดสอบสมมติฐานข้อ 3

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยเรื่องการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

4.2 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

4.3 ผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

โดยแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 ผลพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

การสังเคราะห์กรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์โดยผู้วิจัยผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์กรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ จากการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย บทความและวิทยานิพนธ์ในประเทศและต่างประเทศ และได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ และได้นำรูปแบบให้กับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 ท่าน ประเมินความเหมาะสม โดยแสดงผลการประเมินแสดงดังนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. หลักการของทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานในการสังเคราะห์แบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา			
1.1 ทฤษฎีการจัดกลุ่มด้วยเทคนิคจิกซอร์	4.71	0.49	มากที่สุด
1.2 ทฤษฎีการจัดการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม	4.71	0.49	มากที่สุด
1.3 หลักการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว	4.86	0.38	มากที่สุด
1.4 หลักการสังคมนาฬิกา	4.29	0.49	มาก
เฉลี่ย	4.64	0.46	มากที่สุด
2. องค์ประกอบแบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาประกอบด้วย			
2.1 ปัจจัยนำเข้า	4.29	0.49	มาก
2.1.1 วัตถุประสงค์ของแบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา	4.71	0.49	มากที่สุด
2.1.2 ผู้สอน	4.14	0.38	มาก
2.1.3 ผู้เรียน	4.29	0.49	มาก
2.1.4 สภาพแวดล้อมการเรียนรู้บนสังคมนาฬิกา	4.29	0.49	มาก
เฉลี่ย	4.34	0.47	มาก
2.2 กระบวนการเรียนรู้	4.29	0.49	มาก
2.2.1 การจัดกลุ่มการเรียนรู้ด้วยเทคนิคจิกซอร์	4.57	0.43	มากที่สุด
2.2.2 การสร้างจินตนาการในการเรียนรู้	4.63	0.52	มากที่สุด
2.2.3 การออกแบบ	4.68	0.46	มากที่สุด
2.2.4 การพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว	4.57	0.52	มากที่สุด
2.2.5 การนำเสนอผลงาน	4.48	0.52	มาก
2.2.6 การปรับปรุง	4.71	0.46	มากที่สุด
2.2.7 การประเมินผล	4.57	0.53	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.47	0.48	มาก

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
2.3 ข้อมูลป้อนกลับประกอบด้วยการให้ข้อมูลป้อนกลับไปที่ วัตถุประสงค์	4.29	0.49	มาก
2.3.1 ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์บรรลุตาม วัตถุประสงค์	4.43	0.53	มาก
2.3.2 ผลการประเมินผลงานสร้างสรรค์บรรลุตาม วัตถุประสงค์	4.57	0.53	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.46	0.49	มาก
เฉลี่ยรวม	4.43	0.48	มาก
3. การจัดลำดับองค์ประกอบในแบบจำลองมีความชัดเจนและ ต่อเนื่อง	4.71	0.49	มากที่สุด
4. องค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน	4.57	0.53	มากที่สุด
5. การเรียงเรียงลำดับขององค์ประกอบในแบบจำลองการ เรียนรู้วิศวกรรม ผังตัวบ่งชี้คุณคาวัดมีความเหมาะสมทำให้ เข้าใจได้ง่าย	4.86	0.38	มากที่สุด
6. ภาพรวมขององค์ประกอบในแบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรม ผังตัวบ่งชี้คุณคาวัดมีความสมบูรณ์ครอบคลุมตรงตามความ ต้องการและตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4.57	0.53	มากที่สุด
7. แบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมผังตัวบ่งชี้คุณคาวัดเพื่อ พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมี ความเหมาะสมกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์	4.57	0.53	มากที่สุด
8. แบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมผังตัวบ่งชี้คุณคาวัดเพื่อ พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมี ความเหมาะสมกับการพัฒนาผลงานสร้างสรรค์	4.57	0.53	มากที่สุด
9. แบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมผังตัวบ่งชี้คุณคาวัดเพื่อ พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมี ความเป็นไปได้ในการนำไปทดลองใช้	4.71	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.54	0.49	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ มีรายการประเมินดังนี้ 1. หลักการของทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานในการสังเคราะห์แบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.64, S.D. = 0.46) 2. องค์ประกอบแบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.43, S.D. = 0.48) 3. การจัดลำดับองค์ประกอบในแบบจำลองมีความชัดเจนและต่อเนื่อง โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.71, S.D. = 0.49) 4. องค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.57, S.D. = 0.53) 5. การเรียบเรียงลำดับขององค์ประกอบในแบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา มีความเหมาะสมทำให้เข้าใจได้ง่าย โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.86, S.D. = 0.38) 6. ภาพรวมขององค์ประกอบในแบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา มีความสมบูรณ์ครอบคลุมตรงตามความต้องการและตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.57, S.D. = 0.53) 7. แบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.57, S.D. = 0.53) 8. แบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการพัฒนาผลงานสร้างสรรค์ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.57, S.D. = 0.53) และ 9. แบบจำลองการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความเป็นไปได้ในการนำไปทดลองใช้ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.71, S.D. = 0.49) และรูปแบบนี้มีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.54, S.D. = 0.49) แสดงว่าผู้วิจัยสามารถนำรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ไปใช้ในกระบวนการต่อไปได้

#### 4.2 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยนำผลลัพธ์จากการออกแบบมาพัฒนาระบบตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยในกระบวนการพัฒนานี้ผู้วิจัยได้นำคุณภาพของแผนการสอน คุณภาพเนื้อหา แบบการประเมินผลงาน

สร้างสรรค์ คุณภาพของสื่อการเรียนรู้และประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบน  
สังคมนาวัตไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมิน โดยมีรายละเอียดผลการประเมินดังนี้

**ตารางที่ 4-2** ผลการประเมินคุณภาพแผนการเรียนการสอนสำหรับระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว  
บนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสมและมีรายละเอียดที่ สอดคล้องสัมพันธ์กัน	4.54	0.46	มากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่ กำหนดไว้	4.41	0.48	มาก
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนสัมพันธ์กัน	4.45	0.43	มาก
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	4.51	0.47	มากที่สุด
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4.43	0.44	มาก
6. จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ทักษะ กระบวนการและเจตคติ	4.48	0.47	มาก
7. จุดประสงค์การเรียนรู้เรียงลำดับพฤติกรรมจากง่ายไปยาก	4.54	0.48	มากที่สุด
8. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	4.56	0.50	มากที่สุด
9. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	4.55	0.47	มากที่สุด
10. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของ ผู้เรียน	4.53	0.48	มากที่สุด
11. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้ จริง	4.57	0.43	มากที่สุด
12. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิด สร้างสรรค์	4.52	0.45	มากที่สุด
13. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดผลงานสร้างสรรค์	4.54	0.51	มากที่สุด
14. กิจกรรมเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	4.56	0.44	มากที่สุด
15. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.58	0.49	มากที่สุด

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
16. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	4.52	0.48	มากที่สุด
17. ผู้เรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.57	0.45	มากที่สุด
18. นักเรียนสร้างชิ้นงานที่ได้ใช้ความรู้ ความคิดสร้างสรรค์มากกว่าการทำตามที่คุณสอนกำหนด	4.55	0.52	มากที่สุด
19. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.52	0.49	มากที่สุด
<b>เฉลี่ยรวม</b>	<b>4.52</b>	<b>0.47</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่าผลประเมินคุณภาพแผนการเรียนการสอนสำหรับระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.47)

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอนสำหรับระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ด้านแผนการจัดการเรียนรู้			
1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ออกแบบตรงตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา	4.29	0.48	มาก
1.2 องค์ประกอบมีความชัดเจน ครบถ้วนเพียงพอ	4.29	0.49	มาก
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัด	4.29	0.47	มาก
1.4 สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.57	0.43	มากที่สุด
1.5 เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและความสนใจของผู้เรียน	4.63	0.52	มากที่สุด
1.6 จำนวนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	4.68	0.46	มากที่สุด
1.7 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์และสาระการเรียนรู้	4.57	0.52	มากที่สุด
1.8 กิจกรรมมีความหลากหลาย	4.48	0.52	มาก

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1.9 กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดสร้างสรรค์	4.71	0.46	มากที่สุด
1.10 ข้อปฏิบัติในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เข้าใจง่ายชัดเจน	4.57	0.53	มากที่สุด
1.11 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสมต่อการเรียนในเนื้อหาแต่ละชุดกิจกรรม	4.29	0.49	มาก
เฉลี่ย	4.49	0.49	มาก
2. ด้านสื่อการเรียนรู้			
2.1 การใช้ภาษามีความถูกต้อง ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.29	0.49	มาก
2.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.43	0.53	มาก
2.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.57	0.53	มากที่สุด
2.4 เหมาะสมกับผู้เรียน	4.71	0.49	มากที่สุด
2.5 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจ เกิดความคิดรวบยอดและสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง	4.57	0.53	มากที่สุด
2.6 ช่วยให้ผู้เรียนรู้วิธีการใช้สื่อและแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม	4.86	0.38	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.57	0.49	มากที่สุด
3. ด้านการประเมิน			
3.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้	4.29	0.49	มาก
3.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์มีความเหมาะสม	4.57	0.43	มากที่สุด
3.3 แบบวัดผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสม	4.63	0.52	มากที่สุด
3.4 เกณฑ์ที่ใช้วัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.68	0.46	มากที่สุด
3.5 วัดและประเมินผลเน้นการประเมินตามสภาพจริง	4.57	0.52	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.55	0.48	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.54	0.49	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่าคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอนสำหรับระบบการเรียนรู้  
วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสม  
ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.54, S.D. = 0.49$ ) โดยมีรายการประเมินดังนี้ 1. ด้านแผน  
การจัดการเรียนรู้ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.49, S.D. = 0.49$ )  
2. ด้านสื่อการเรียนรู้ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.57, S.D. = 0.49$ )  
และ 3. ด้านการประเมิน โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.55,$   
 $S.D. = 0.49$ )

ตารางที่ 4-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์สำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				ผลการประเมิน		
	3	2	1	0	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ผลงานมีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด	ผลงานมีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด 3 จุด	ผลงานมีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด 2 จุด	ผลงานมีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด 1 จุด	ผลงานไม่มีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด	4.73	0.51	มากที่สุด
2. จุดดีจุดเด่นของผลงาน	มีจุดดีจุดเด่นของผลงานตั้งแต่ 3 จุด	มีจุดดีจุดเด่นของผลงาน 2 จุด	มีจุดดีจุดเด่นของผลงาน 1 จุด	ผลงานไม่มีจุดดีจุดเด่น	4.68	0.42	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน	ผลงานมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากกว่า 3 ฟังก์ชัน	ผลงานมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน 2 ฟังก์ชัน	ผลงานมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน 1 ฟังก์ชัน	ผลงานไม่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน	4.57	0.52	มากที่สุด
4. ความสวยงาม ความประณีต	ผลงานมีความสวยงาม ความประณีตตั้งแต่ 3 จุด	ผลงานมีความสวยงาม ความประณีต 2 จุด	ผลงานมีความสวยงาม ความประณีต 1 จุด	ผลงานไม่มีความสวยงาม ความประณีต	4.48	0.52	มากที่สุด

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				ผลการประเมิน		
	3	2	1	0	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
5. ผลงานใช้วัสดุอุปกรณ์ แปลกใหม่	ผลงานใช้วัสดุอุปกรณ์ แปลกใหม่ตั้งแต่ 3 ชนิด	ผลงานใช้วัสดุอุปกรณ์ แปลกใหม่ 2 ชนิด	ผลงานใช้วัสดุ อุปกรณ์แปลกใหม่ 1 ชนิด	ผลงานไม่ใช้วัสดุ อุปกรณ์แปลกใหม่	4.71	0.46	มากที่สุด
6. ปริมาณของผลงานทำได้ใน เวลาที่กำหนด	ผลงานทำได้เสร็จก่อน เวลาที่กำหนด 7 วัน	ผลงานทำได้ในเวลาที่ กำหนด 7 วัน	ผลงานทำได้ช้ากว่า เวลาที่กำหนด 1 วัน	ผลงานทำได้ช้ากว่า เวลาที่กำหนด 3 วัน	4.57	0.53	มากที่สุด
7. พัฒนาการของผลงานใน เชิงคุณภาพ	ผลงานมีพัฒนาในเชิง คุณภาพสามารถ ทำงานได้สมบูรณ์ ราบรื่น สม่่าเสมอ 3 ครั้ง	ผลงานมีพัฒนาในเชิง คุณภาพสามารถ ทำงานได้สมบูรณ์ ราบรื่น สม่่าเสมอ 2 ครั้ง	ผลงานมีพัฒนาในเชิง คุณภาพสามารถ ทำงานได้สมบูรณ์ ราบรื่น สม่่าเสมอ 1 ครั้ง	ผลงานไม่มีการ พัฒนาในเชิงคุณภาพ ไม่สามารถทำงานได้ สมบูรณ์ ราบรื่น	4.52	0.49	มากที่สุด

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				ผลการประเมิน		
	3	2	1	0	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
8. พัฒนาการของผลงานในเชิงปริมาณ	ผลงานมีพัฒนาในเชิงปริมาณสูงสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันและเวลาที่กำหนด 3 ครั้ง	ผลงานมีพัฒนาในเชิงปริมาณสูงสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันและเวลาที่กำหนด 2 ครั้ง	ผลงานมีพัฒนาในเชิงปริมาณสูงสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันและเวลาที่กำหนด 1 ครั้ง	ผลงานไม่มีการพัฒนาในเชิงคุณภาพไม่สามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันและเวลาที่กำหนด	4.54	0.42	มากที่สุด
9. ระดับความปลอดภัยของผลผลิตเมื่อนำไปใช้งานจริง	การนำผลงานไปใช้งานจริงมีความปลอดภัยตั้งแต่ 3 จุดขึ้นไป	การนำผลงานไปใช้งานจริงมีความปลอดภัยตั้งแต่ 2 จุด	การนำผลงานไปใช้งานจริงมีความปลอดภัยตั้งแต่ 1 จุด	การนำผลงานไปใช้งานจริงไม่มีความปลอดภัย	4.58	0.47	มากที่สุด
10. จำนวนชิ้นงานที่ทำแล้วใช้ไม่ได้	ชิ้นงานที่ทำแล้วสามารถใช้งานได้ทุกชิ้น	มี 1 ชิ้นงานที่ทำแล้วไม่สามารถใช้งานได้	มี 2 ชิ้นงานที่ทำแล้วไม่สามารถใช้งานได้	ชิ้นงานตั้งแต่ 3 ชิ้นที่ทำแล้วไม่สามารถใช้งานได้	4.72	0.42	มากที่สุด
<b>เฉลี่ยรวม</b>					<b>4.61</b>	<b>0.47</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่าแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์สำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.61, S.D. = 0.47$ )

**ตารางที่ 4-5** ผลการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้สำหรับระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
<b>1. ด้านตัวอักษร (Text)</b>			
1.1 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ อ่านง่ายและชัดเจน	4.47	0.53	มาก
1.2 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้ สวยงาม	4.56	0.44	มากที่สุด
1.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร และสีของพื้นหลัง	4.60	0.49	มากที่สุด
1.4 ความเหมาะสมของการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่ละกรอบ	4.57	0.49	มากที่สุด
1.5 ความถูกต้องของข้อความตามหลักภาษา	4.46	0.38	มาก
เฉลี่ย	4.53	0.47	มากที่สุด
<b>2. ด้านภาพนิ่ง (Image)</b>			
2.1 ขนาดของภาพที่ใช้เหมาะสม	4.43	0.53	มาก
2.2 สีและความชัดเจนของภาพที่ใช้	4.57	0.47	มากที่สุด
2.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในการสื่อความหมาย	4.31	0.49	มาก
2.4 ความสมดุลของการจัดวางภาพในแต่ละกรอบ	4.57	0.52	มากที่สุด
2.5 ความเหมาะสมของจำนวนภาพ	4.56	0.38	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.49	0.48	มาก
<b>3. ด้านวิดีโอ (Video)</b>			
3.1 ขนาดของวิดีโอที่ใช้เหมาะสม	4.43	0.56	มาก
3.2 ความชัดเจนของวิดีโอที่ใช้	4.29	0.43	มาก

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
3.3 ความเหมาะสมของวิดีโอที่ใช้ในการสื่อความหมาย	4.61	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.44	0.48	มาก
<b>4. ด้านเสียง (Audio)</b>			
4.1 ระดับความดังของเสียงสม่ำเสมอ	4.53	0.48	มากที่สุด
4.2 ความชัดเจนของเสียงที่อธิบาย	4.55	0.53	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.54	0.51	มากที่สุด
<b>5. ด้านปฏิสัมพันธ์ (Interaction)</b>			
5.1 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนโต้ตอบกับบทเรียน	4.43	0.53	มาก
5.2 การควบคุมบทเรียนทำได้ง่ายและสะดวก	4.55	0.52	มากที่สุด
5.3 ความเหมาะสมของการเชื่อมโยงเนื้อหาภายในหน่วยการเรียนรู้	4.70	0.49	มากที่สุด
5.4 ความเหมาะสมของการเชื่อมโยงระหว่างบทเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้	4.57	0.34	มากที่สุด
5.5 ความเหมาะสมของการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเสริมแรง	4.37	0.48	มาก
เฉลี่ย	4.52	0.47	มากที่สุด
<b>6. ด้านอื่น ๆ</b>			
6.1 ความเหมาะสมของการผสมผสานสื่อประเภท ข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวและเสียงในบทเรียน	4.44	0.42	มาก
เฉลี่ยรวม	4.51	0.48	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-5 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินคุณภาพของสื่อของระบบการเรียนรู้อัตโนมัติ ผังตัวบนสังคมควาตรมมีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.51$ , S.D. = 0.48) โดยมีรายการประเมินดังนี้ 1. ด้านตัวอักษร โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

( $\bar{X}$  = 4.53, S.D. = 0.47) 2. ด้านภาพนิ่ง โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.49, S.D. = 0.48) 3. ด้านวิดีโอ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.44, S.D. = 0.48) 4. ด้านเสียง โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.54, S.D. = 0.51) 5. ด้านปฏิสัมพันธ์ (Interaction) โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.52, S.D. = 0.47) และ 6. ด้านอื่น ๆ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.44, S.D. = 0.42)

ตารางที่ 4-6 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัต

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
<b>ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ</b>			
1. ความสามารถของระบบในส่วนการออกแบบหน้าจอ	4.53	0.48	มากที่สุด
2. ความสามารถของระบบในส่วนการแสดงผล ข้อมูล รายงานผล	4.42	0.43	มาก
3. ความสามารถของระบบในส่วนแสดงเนื้อหาของบทเรียน	4.60	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.52	0.45	มากที่สุด
<b>ด้านฟังก์ชันการทำงาน</b>			
1. การตรวจสอบสิทธิ์ การใช้งานเข้าสู่บทเรียน	4.52	0.45	มากที่สุด
2. แบ่งกลุ่มผู้เรียนบนระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัต	4.53	0.51	มากที่สุด
3. ใช้เครื่องมือบนสังคมนาวัต ออกแบบ และสร้างผลงานสร้างสรรค์	4.52	0.44	มากที่สุด
4. รายงานผลคะแนน แบบฝึกหัด ใบงาน ความคิดสร้างสรรค์ และผลงานสร้างสรรค์	4.54	0.49	มากที่สุด
5. การเข้าถึงเนื้อหาแต่ละบทเรียนมีความต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น	4.43	0.44	มากที่สุด
6. การทำกิจกรรม แบบฝึกหัด ใบงาน มีความต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น	4.48	0.47	มาก

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
7. การใช้เครื่องมือสร้าง แก้วไข ปรับปรุง เนื้อหาบทเรียน แบบฝึกหัดและใบงาน	4.54	0.48	มากที่สุด
8. การติดต่อสื่อสารผ่านทางสังคมคลาวด์ระหว่าง ผู้เรียนกับ ผู้สอน และ ผู้เรียนกับผู้เรียน	4.56	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.52	0.47	มากที่สุด
<b>ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ</b>			
1. เครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว	4.56	0.48	มากที่สุด
2. เครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับการติดต่อสื่อสาร	4.54	0.47	มากที่สุด
3. เครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับบทเรียน	4.52	0.44	มากที่สุด
4. เครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับทำกิจกรรม	4.60	0.50	มากที่สุด
5. เครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับวัดประเมินผล	4.52	0.47	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.53	0.47	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.52	0.47	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์มีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.47) โดยมีรายการประเมินดังนี้ 1. ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.45) 2. ด้านฟังก์ชันการทำงานมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.47) และ 3. ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.53$ , S.D. = 0.47)

#### 4.3 ผลการใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะแสดงผลการใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ข้อ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 2) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง 3) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 4) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75) และ 5) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75) และสามารถเขียนสมมติฐานได้ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

สมมติฐานข้อที่ 2 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานข้อที่ 3 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุม

สมมติฐานข้อที่ 4 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

สมมติฐานข้อที่ 5 กลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

โดยผู้วิจัยจะนำเสนอผลการทดสอบสมมติฐานแต่ละข้อดังต่อไปนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ เป็นการนำเสนอผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 ด้วยสถิติ Independent t-test ดังรายละเอียดที่แสดงตามตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลการทดสอบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	จำนวน	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig
ทดลอง	40	54.975	2.412	-.209	.835
ควบคุม	40	55.125	3.858		
รวม	80	55.050	3.19770		

จากตารางที่ 4-7 พบว่ากลุ่มทดลอง คือนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน = 54.975 คะแนน ส่วนกลุ่มควบคุม คือนักศึกษาที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบปกติ มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน = 55.125 คะแนน ซึ่งกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักศึกษาของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนเท่าเทียมกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สมมติฐานที่ 2 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ เป็นการนำเสนอผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 ด้วยสถิติ Paired Sample t-test ดังรายละเอียดที่แสดงตามตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ผลการทดสอบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig
หลังเรียน	81.850	3.873	57.034**	.000
ก่อนเรียน	54.975	2.412		

หมายเหตุ: \*\* P < .01

จากตารางที่ 4-8 พบว่านักศึกษาของกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน = 54.975 คะแนน และมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน = 81.850 คะแนน นั่นคือนักศึกษาของกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักศึกษาของกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน = 26.875 คะแนน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สมมติฐานข้อที่ 3 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุม

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ เป็นการนำเสนอผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 ด้วยสถิติ one way MANOVA ดังรายละเอียดที่แสดงตามตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนระหว่างกลุ่ม (กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม)

กลุ่ม	ค่าสถิติ	ความคิดสร้างสรรค์	ผลงานสร้างสรรค์
ทดลอง	$\bar{x}$	81.850	77.775
	S.D.	3.873	1.717
ควบคุม	$\bar{x}$	59.225	60.875
	S.D.	3.254	2.002
	Leven's statistics (p)	1.434 (.235)	1.654 (.202)
	Box's M (p)	3.156 (.381)	
	Bartlett's $\chi^2$ (p)	30.590 (.000)	

จากตารางที่ 4-9 เป็นการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามแบบทางเดียว (one way MANOVA) ในประเด็นความเป็นเอกพันธ์ของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรโดยใช้ Box's M Test พบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนระหว่างกลุ่ม (กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการตรวจสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของตัวแปรแต่ละตัวระหว่างกลุ่ม (กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม) โดยใช้ Levene's Test พบว่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมีความแปรปรวนของกลุ่มประชากรเท่ากันและผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ Bartlett's Test of Sphericity พบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่ม (Within Group Variance-Covariance Matrix) เมื่อจำแนกตามกลุ่ม (กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม) พบว่ามีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนในการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามแบบทางเดียว (one way MANOVA) ได้

ตารางที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ระหว่างกลุ่ม (กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม)

ตัวแปรอิสระ	สถิติ	Value	Approximate F	p
กลุ่ม	Pillai's Trace	.936	565.225	.000
	Wilks' Lambda	.064	565.225	.000
	Hotelling's Trace	14.681	565.225	.000
	Roy's Largest Root	14.681	565.225	.000

Tests of Between-Subjects Effects

ตัวแปรตาม	SS	df	MS	F	P	Post Hoc test
ความคิดสร้างสรรค์	10237.813	1	10237.813	800.090	.000	1>2
ผลงานสร้างสรรค์	1248.200	1	1248.200	358.797	.000	1>2

จากตารางที่ 4-10 เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนระหว่างกลุ่ม (กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม) พบว่าเซ็นทรอยด์ (Centroid) ของคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียน พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุมเท่ากับ 22.625 และ 16.900 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สมมติฐานข้อที่ 4 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้เป็นนำเสนอผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 ด้วยสถิติ one Sample t-test ดังรายละเอียดที่แสดงตามตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ผลการทดสอบคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์

กลุ่ม	จำนวน	$\bar{x}$	S.D.	เกณฑ์	t	Sig
ทดลอง	40	81.850	3.873	75	11.185**	.000

หมายเหตุ: \*\* P < .01

จากตารางที่ 4-11 พบว่านักศึกษาของกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน = 81.850 คะแนน โดยทางสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติมีนโยบายว่าต้องการให้นักศึกษามีผลการเรียนมากกว่าร้อยละ 75 แสดงว่านักศึกษาของกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักศึกษาของกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์ = 6.850 คะแนน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สมมติฐานข้อที่ 5 กลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้เป็นนำเสนอผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 5 ด้วยสถิติ one Sample t-test ดังรายละเอียดที่แสดงตามตารางที่ 4-12

**ตารางที่ 4-12** ผลการทดสอบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์

กลุ่ม	จำนวน	$\bar{x}$	S.D.	เกณฑ์	t	Sig.
ทดลอง	40	77.775	1.717	75	11.185	.000**

หมายเหตุ: \*\* P < .01

จากตารางที่ 4-12 พบว่านักศึกษาของกลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียน = 77.775 คะแนน โดยทางสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติมีนโยบายว่าต้องการให้นักศึกษามีผลการเรียนมากกว่าร้อยละ 75 แสดงว่านักศึกษากลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักศึกษาของกลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์ = 2.775 คะแนน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

จากการนำเสนอผลการใช้ระบบการเรียนรู้อัตโนมัติด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์พบว่าสมมติฐาน 5 ข้อ ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการทดสอบสมมติฐานทั้ง 5 ข้อ ตามตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อ 1-5

ข้อสมมติฐาน	ผลการทดสอบสมมติฐาน
สมมติฐานข้อที่ 1 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม	ยอมรับ
สมมติฐานข้อที่ 2 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน	ยอมรับ
สมมติฐานข้อที่ 3 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุม	ยอมรับ
สมมติฐานข้อที่ 4 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์	ยอมรับ
สมมติฐานข้อที่ 5 กลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์	ยอมรับ

จากตารางที่ 4-13 พบว่าผลการทดสอบสมมติฐานทั้ง 5 ข้อ นั้นมีการยอมรับสมมติฐานทั้งหมด แสดงว่าระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์สามารถช่วยทำให้นักศึกษามีความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนได้มากกว่าการเรียนการสอนแบบปกติและมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดด้วย

## บทที่ 5

### รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยที่กำหนดไว้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว ผู้วิจัยจึงขอเสนอรูปแบบการเรียนรู้ ตามหัวข้อต่อไปนี้

#### 5.1 บทนำ

5.2 รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

#### 5.1 บทนำ

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี, 2559) ได้จัดทำแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมหรือเรียกว่า ดิจิทัลไทยแลนด์ 4.0 เพื่อให้ประเทศไทยสามารถสร้างสรรค์และใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลอย่างเต็มประสิทธิภาพและเกิดศักยภาพในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน นวัตกรรม ข้อมูล ทุนมนุษย์และทรัพยากรอื่นใด เพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน

ยุทธศาสตร์ที่ 2 เกี่ยวกับการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลประกอบด้วย 1) เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคธุรกิจตลอดห่วงโซ่คุณค่า โดยผลักดันธุรกิจให้เข้าสู่ระบบการค้าดิจิทัลสู่สากลและให้เกิดการใช้เทคโนโลยี ข้อมูลเพื่อปฏิรูปการผลิตสินค้าและบริการ 2) เร่งสร้างธุรกิจเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology Startup) ให้เป็นฟันเฟืองสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจดิจิทัล และ 3) พัฒนาอุตสาหกรรมเทคโนโลยีดิจิทัลของไทยให้มีความเข้มแข็งและสามารถแข่งขันเชิงนวัตกรรมได้ในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมไทยมีศักยภาพและเป็นอุตสาหกรรมแห่งอนาคต

ยุทธศาสตร์ที่ 5 เกี่ยวกับการพัฒนากำลังคนให้พร้อมเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล ประกอบด้วย 1) พัฒนาทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัลให้แก่บุคลากรในตลาดแรงงานทั้งภาครัฐและเอกชนทุกสาขาอาชีพและทุกช่วงวัย และ 2) ส่งเสริมการพัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญเทคโนโลยีเฉพาะด้านให้กับบุคลากรสายวิชาชีพด้านเทคโนโลยีดิจิทัลที่ปฏิบัติงานในภาครัฐและเอกชน เพื่อรองรับความต้องการในอนาคต

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) คือระบบที่ออกแบบสำหรับใช้งานวัตถุประสงค์เฉพาะด้าน (วีรุพท์, 2553) ที่ผสมผสานกันระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ (นรังสรรค์, 2552) โดยฝังไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2554) ซึ่งระบบนี้มีหลักการการทำงานคือ มีสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกเข้าสู่ระบบประมวลผลและมีสัญญาณผลลัพธ์ออกไปควบคุมบังคับอุปกรณ์ (สมบุญ, 2550) นอกจากนี้ระบบยังช่วยเพิ่มความฉลาดและความสามารถให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติเสมือนมีสมองกลฝังตัวอยู่ภายใน (Mazidi and McKinlay, 2006) จากความสำคัญและประโยชน์ของระบบสมองกลฝังตัว ส่งผลให้สถาบันการศึกษาจำเป็นต้องปรับปรุงแบบการเรียน การสอน เพื่อตอบสนองกับภาคอุตสาหกรรมโดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมที่จับต้องได้

จินตกรรมวิศวกรรม (Imagineering) คือการผสมผสานคำระหว่างจินตนาการ (Imagine) และวิศวกรรม (Engineering) (Duncan, 2011) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนมีจินตนาการหรือความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) ในการออกแบบสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือผลงานสร้างสรรค์ (Creative Product) (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา, 2555) โดยการเรียนการสอนในรูปแบบนี้จะทำให้ผู้เรียนสามารถนำจินตนาการหรือความคิดผ่านกระบวนการเรียนการสอนอย่างเป็นลำดับขั้นตอนมาสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมที่สามารถจับต้องได้และนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้การเรียนการสอนในรูปแบบนี้ยังสามารถเรียนผ่านเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) ซึ่งทำให้นักศึกษาสามารถทำงานร่วมกัน แลกเปลี่ยนความรู้ต่าง ๆ รวมทั้งมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักศึกษาและอาจารย์ ส่งผลให้เกิดสังคมบนคลาวด์ (Social Cloud) (Chard et al., 2012)

สังคมคลาวด์ (Social Cloud) เป็นโครงสร้างด้านทรัพยากรและการแบ่งปันบริการ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกเครือข่ายทางสังคมในการสร้างกระบวนการทำงานร่วมกันแบบออนไลน์ ซึ่งเป็นลักษณะของแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์เฉพาะทางสังคมและสามารถกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้ข้อมูล (Chard et al, 2012; Haas et al, 2012; Sonawane et al, 2014) ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวติ้ง ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวติ้งมาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนผู้สอนสามารถพูดคุย ส่งข้อมูล แชรข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนการสอนตามสิทธิ์ที่ถูกกำหนดไว้ รวมทั้งยังสามารถทำงานร่วมกันกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน (Thaufeeg et al, 2011; Bai et al, 2011)

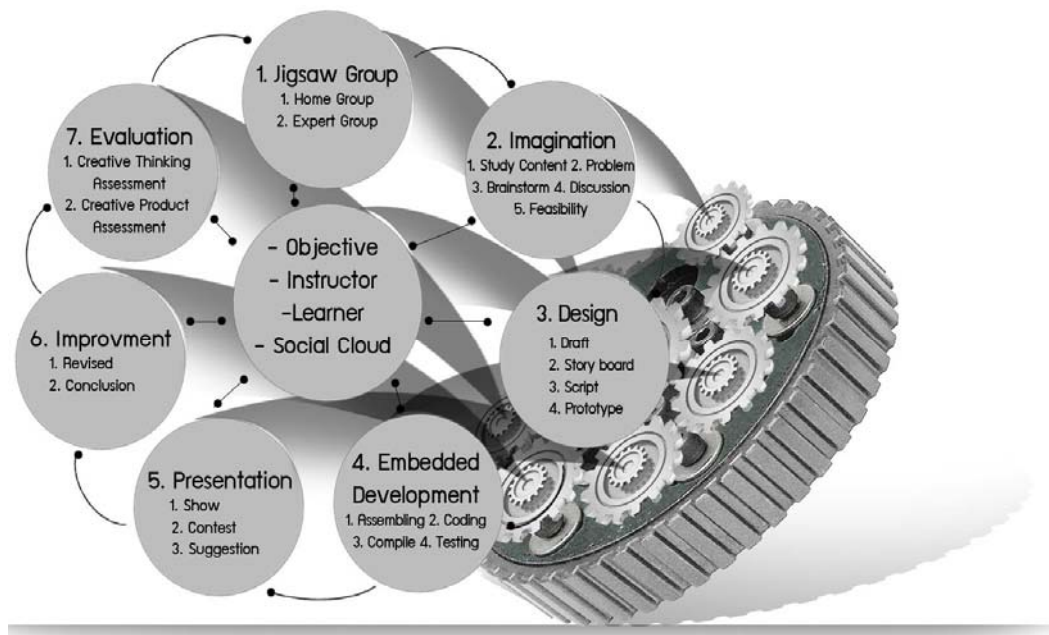
จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ซึ่งระบบดังกล่าวเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ แบ่งปันความรู้และทำงานร่วมกันได้ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์
2. เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์
3. เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์
  - 3.1 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
  - 3.2 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง
  - 3.3 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
  - 3.4 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75)
  - 3.5 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75)

## 5.2 รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

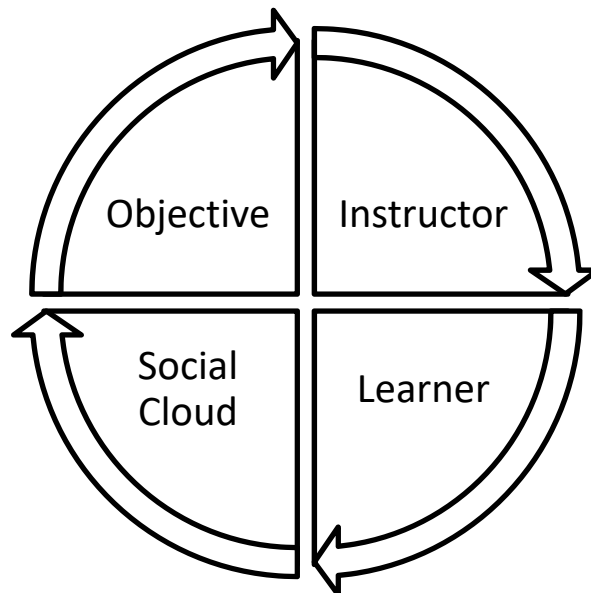
รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์เป็นรูปแบบการศึกษาที่ให้นักศึกษาทุกคนสามารถเข้าสู่ระบบที่มีกระบวนการเรียนและการทำกิจกรรมร่วมกันผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทุกชนิด อาทิเช่น คอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน เป็นต้น โดยจะต้องเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 องค์ประกอบคือ 1. ปัจจัยหลักของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวประกอบด้วยวัตถุประสงค์ การเรียนรู้ คุณลักษณะของผู้สอน คุณลักษณะของผู้เรียน และสังคมนาฬิกา 2. กระบวนการเรียนการสอนนี้มี 7 ขั้นตอนหลักดังนี้ 1) การแบ่งกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ (Jigsaw Group) 2) การสร้างจินตนาการ (Imagination) 3) การออกแบบ (Design) 4) การพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Development) 5) การนำเสนอ (Presentation) 6) การปรับปรุง (Improvement) และ 7) การประเมิน (Evaluation) โดยมีรายละเอียดภาพที่ 5-1 ดังนี้



ภาพที่ 5-1 รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

ปัจจัยหลักของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวประกอบด้วย วัตถุประสงค์ การเรียนรู้ คุณลักษณะของผู้สอน คุณลักษณะของผู้เรียนและสังคมคลาวด์ โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-2



ภาพที่ 5-2 ปัจจัยหลักของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว

1. วัตถุประสงค์ (Objective) ของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา คือ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ เน้นให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ และสามารถสร้างผลงานสร้างสรรค์ในกระบวนการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา โดยใช้เนื้อหาบทเรียนกิจกรรมแบบฝึกหัด และใบงานที่ใช้สอนในรายวิชา 120213400 ไมโครโปรเซสเซอร์ ตามแผนการเรียนรู้ มคอ.3 ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ข้อกำหนดรายวิชาเฉพาะทางสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า โดยสภาวิศวกร ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และทำกิจกรรมร่วมกับสมาชิกในกลุ่มได้โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1.1 เข้าใจหลักการทำงานส่วนต่างๆของระบบสมองกลฝังตัว
- 1.2 เชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์อินพุต เอาพุต กับระบบสมองกลฝังตัวได้
- 1.3 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบสมองกลฝังตัวได้
- 1.4 ออกแบบสร้างผลงานด้วยระบบสมองกลฝังตัวได้
- 1.5 พัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ได้
- 1.6 พัฒนาผลงานสร้างสรรค์โดยใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ได้

2. คุณลักษณะของผู้สอน (Instructor) ของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ต้องเป็นอาจารย์ที่สอนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งมีความรู้ทางด้านวงจรไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ ดิจิทัล และการเขียนโปรแกรม ผู้สอนต้องมีทักษะในการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศ สามารถสร้าง แก๊ซ ปรับปรุงข้อมูลบนสังคมนาฬิกาสามารถใช้แอปพลิเคชันบนคลาวด์ในการทำงาน และสามารถเข้าถึงระบบอินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลา โดยผู้สอนมีบทบาทหน้าที่ในการจัดการให้ผู้เรียนได้รับทราบขั้นตอนในการใช้งานระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา โดยผู้สอนต้องแบ่งกลุ่มผู้เรียนตามระดับความสามารถมีการชี้แจงแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้รายสัปดาห์ โดยให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลเนื้อหาบทเรียน และประสบการณ์เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้จากการทำแบบฝึกหัดใบงานที่ผู้สอนได้มอบให้ในแต่ละสัปดาห์ ในช่วงทำกิจกรรมผู้สอนต้องให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียน การศึกษาค้นคว้าของผู้เรียน และผู้สอนต้องประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัด ใบงาน ประเมินความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียน รวมทั้งประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

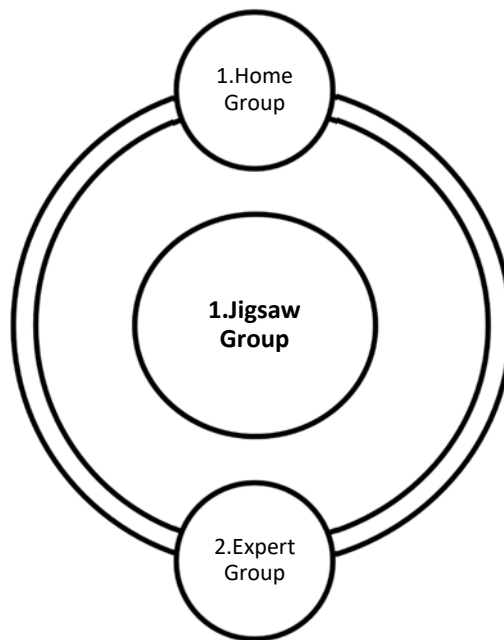
3. คุณลักษณะของผู้เรียน (Learner) ของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ต้องผ่านการเรียนในรายวิชาคอมพิวเตอร์โปรแกรมมิ่ง วิชาอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น วงจรไฟฟ้า และวิชาดิจิทัลและการออกแบบมาก่อน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหา ทำกิจกรรมการเรียนรู้ แบบฝึกหัด ใบงาน การค้นคว้าข้อมูล การหาแหล่งเรียนรู้ การนำเสนอผลงานทั้งในรูปแบบเดี่ยวและแบบกลุ่มได้ โดยผู้เรียนต้องมีบทบาทหน้าที่

ในการระดมสมองใช้จินตนาการในการสร้างสรรค์ผลงานตามใบงานที่กำหนด แสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหา เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของจินตนาการที่จะใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานได้ ต้องออกแบบพัฒนาสร้างสรรค์ผลงานทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เพื่อนำเสนอผลงานที่ได้พัฒนาขึ้น หากมีข้อเสนอแนะจากผู้สอน ผู้เรียนต้องนำข้อสรุปนั้นมาปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น โดยกระบวนการเรียนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา ผู้เรียนต้องทำการประเมินความคิดสร้างสรรค์ของตนเองก่อนและหลังเรียนเพื่อใช้วัดพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้น

4. สังคมนาฬิกา (Social Cloud) ของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา ที่ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนใช้งานระบบตามสภาพแวดล้อมการเรียนรู้บนสังคมนาฬิกา ที่สามารถให้ผู้เรียนและผู้สอนทุกคนใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลา สามารถเข้าถึงได้จากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทุกชนิด อาทิเช่น คอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน เป็นต้น โดยระบบจะต้องเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ ทำให้ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมแต่ละสัปดาห์ได้ เช่น การสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่มของผู้เรียน การให้คำแนะนำของผู้สอน การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลบนสังคมนาฬิกา มีการปรับปรุง แก้ไข ข้อมูลบนสังคมนาฬิกาแบบทันทีตามเวลาจริง (Real Time) นอกจากนี้ในส่วนของการดูแลบำรุงรักษาต่างๆ ของระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา เช่น การปรับปรุงโปรแกรม การกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน การป้องกันระบบถูกโจมตี สามารถทำได้โดยง่าย ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต

กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ มีรายละเอียดดังนี้

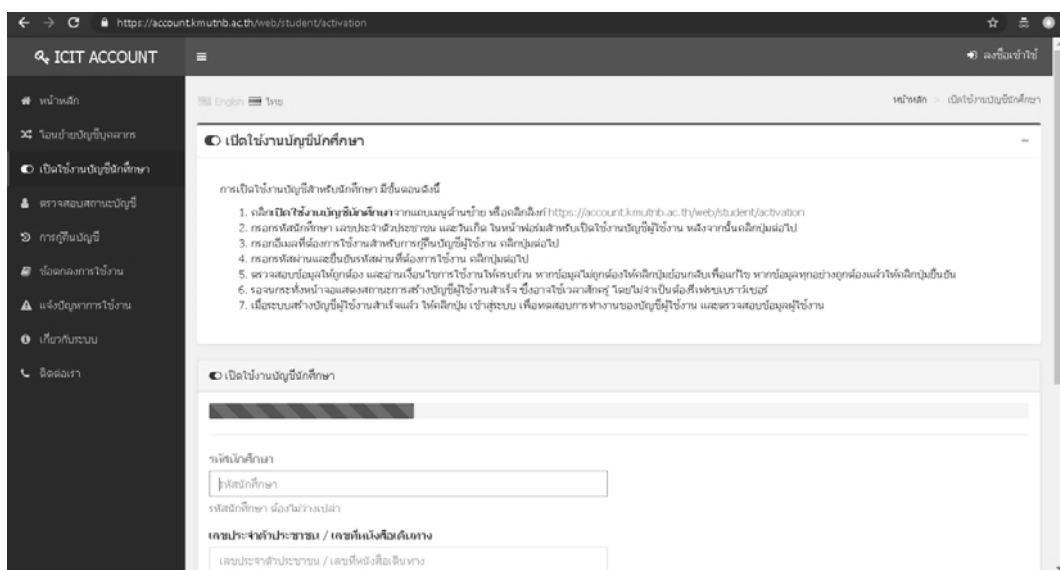
ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ (Jigsaw Group) ประกอบด้วย 2 กระบวนการคือ 1. กลุ่มบ้าน (Home Group) 2. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group) โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-3



ภาพที่ 5-3 ขั้นตอนการแบ่งกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ (Jigsaw Group)

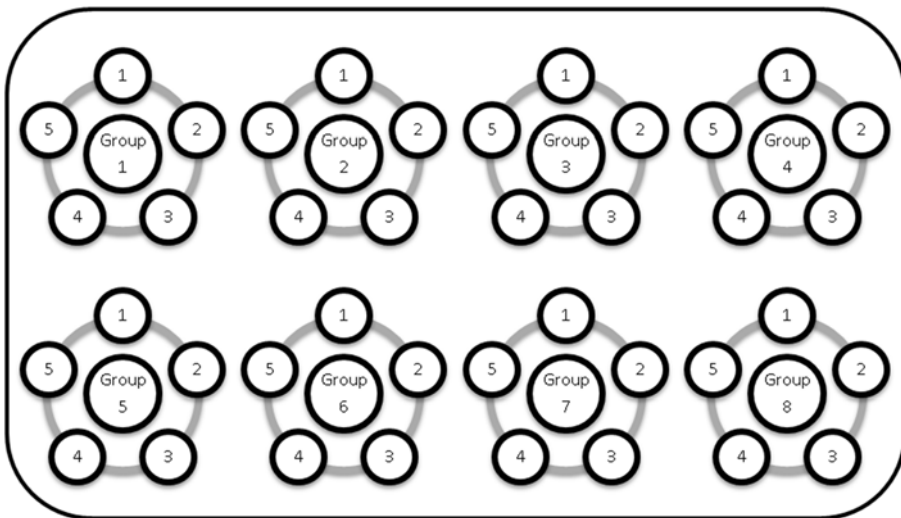
### 1. กลุ่มบ้าน (Home Group)

ในกระบวนการนี้ผู้สอนและผู้เรียนต้องลงทะเบียนการเข้าใช้งานระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ผ่านอีเมลล์ของมหาวิทยาลัยที่ URL <https://goo.gl/PZh7bF> เมื่อเข้าสู่ระบบบนเว็บไซต์แล้วจะปรากฏหน้าจอเข้าสู่ระบบโดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-4



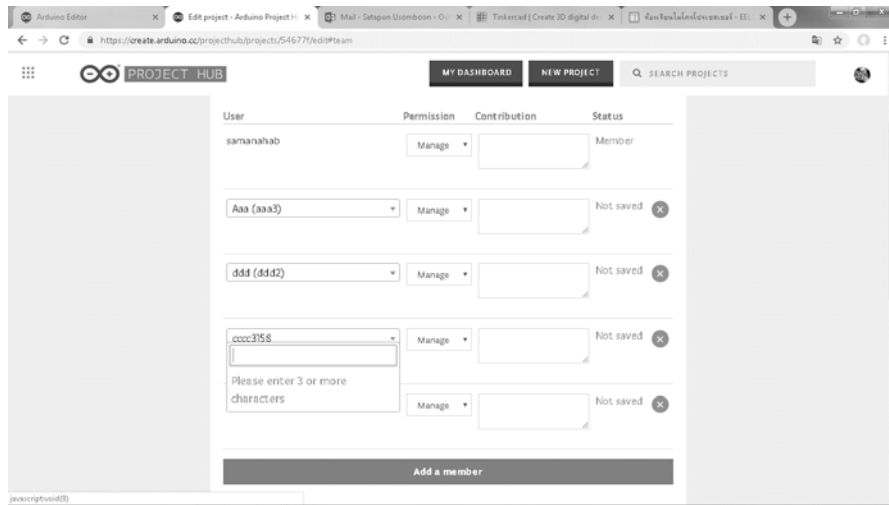
ภาพที่ 5-4 ตัวอย่างการเปิดใช้งานบัญชีนักศึกษา

เมื่อเข้าสู่ระบบแล้วผู้สอนจะทำการแบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่มบ้าน (Home Group) โดยในงานวิจัยนี้ผู้สอนได้แบ่งกลุ่มบ้านออกเป็น 8 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีสมาชิกจำนวน 5 คน โดยแต่ละกลุ่มจะมีสมาชิกที่มีคุณสมบัติคือ เก่ง ปานกลาง อ่อน ผู้สอนใช้สัดส่วนในการแบ่งคือ 20:40:40 โดยผู้สอนได้นำผลการเรียนของผู้เรียนมาเรียงจัดลำดับจากมากไปน้อย จากการแบ่งตามสัดส่วนที่กล่าวมาจึงทำให้ผู้สอนได้ผู้เรียนในระดับเก่งจำนวน 8 คนแรก ซึ่งผู้สอนได้ทำการสุ่มผู้เรียนเข้าในกลุ่มบ้านโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย ต่อมาผู้สอนได้จัดแบ่งผู้เรียนในระดับปานกลางจำนวน 16 คน จากการแบ่งตามสัดส่วนที่กล่าวมาและผู้สอนได้จัดผู้เรียนเข้ากลุ่มโดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยจัดผู้เรียนเข้ากลุ่มบ้านกลุ่มละ 2 คน ในลำดับ 16 คนสุดท้ายคือผู้เรียนที่อยู่ในระดับอ่อน ผู้สอนได้ทำการจัดผู้เรียนเข้ากลุ่มละ 2 คน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-5



ภาพที่ 5-5 การแบ่งกลุ่มผู้เรียนของกลุ่มบ้าน (Home Group)

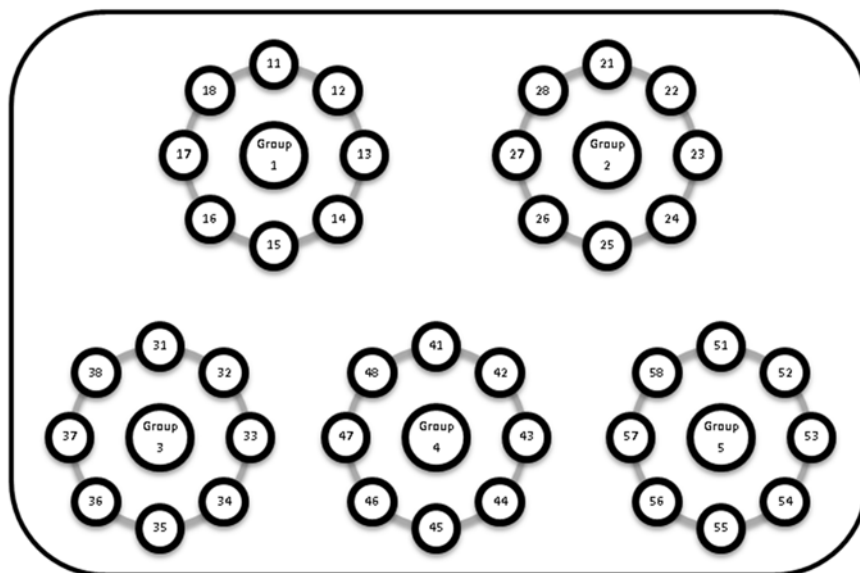
ในกระบวนการนี้ผู้สอนใช้ Arduino Project Hub เป็นเครื่องมือในการสร้างกลุ่มบ้านโดยเครื่องมือนี้มีฟังก์ชันการเพิ่มสมาชิกและลบสมาชิกในกลุ่มของผู้เรียน โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-6



ภาพที่ 5-6 ตัวอย่างเครื่องมือการแบ่งกลุ่มผู้เรียนกลุ่มบ้าน (Home Group)

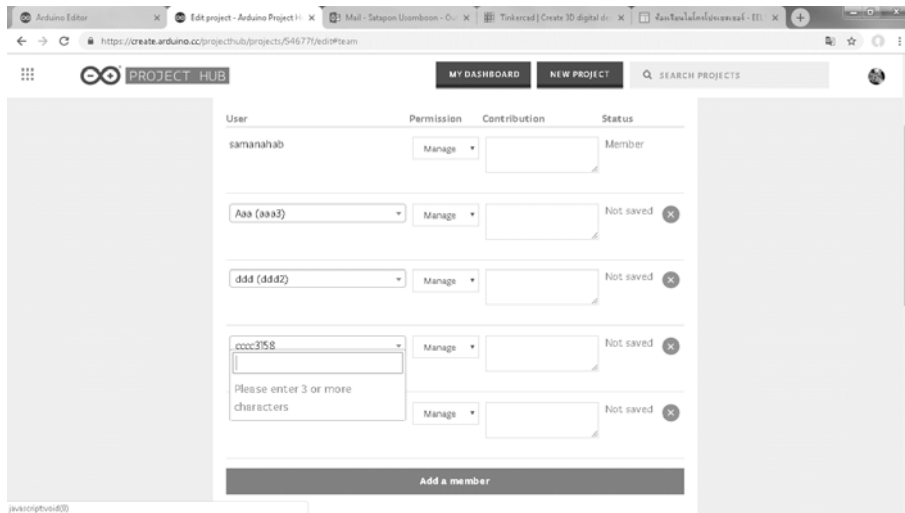
## 2. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group)

เมื่อผู้เรียนเข้าสู่ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา ผู้เรียนจะเข้าสู่กลุ่มบ้านและสมาชิกในกลุ่มบ้านทำการแบ่งกลุ่มโดยผู้สอนได้ทำการมอบหมายใบงานรายสัปดาห์จำนวน 10 ใบงาน ให้กับกลุ่มบ้าน และสมาชิกในกลุ่มบ้านได้แบ่งหัวข้อตามใบงานที่ผู้สอนได้มอบหมายให้แต่ละกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะส่งตัวแทนสมาชิกในกลุ่มบ้านที่มีหัวข้อใบงานที่เหมือนมารวมกันเป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญโดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-7



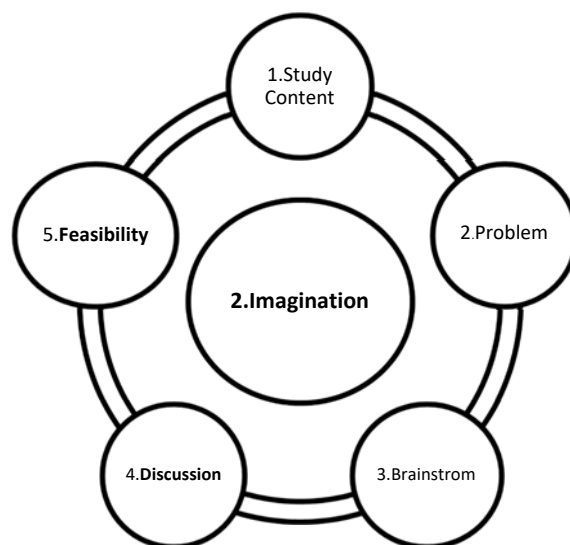
ภาพที่ 5-7 การแบ่งกลุ่มผู้เรียนไปกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group)

ในกระบวนการนี้ผู้สอนใช้ Arduino Project Hub เป็นเครื่องมือในการสร้างกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ โดยเครื่องมือนี้มีฟังก์ชันการเพิ่มสมาชิกและลบสมาชิกในกลุ่มของผู้เรียน โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-8



ภาพที่ 5-8 ตัวอย่างเครื่องมือการแบ่งกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group)

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างจินตนาการ (Imagination) ประกอบด้วย 5 กระบวนการ คือ 1. ศึกษาเนื้อหา (Study Content) 2. การกำหนดโจทย์ (Problem) 3. การระดมสมอง (Brainstorm) 4. การแสดงความคิดเห็น (Discussion) และ 5. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของจินตนาการ (Feasibility) โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-9



ภาพที่ 5-9 ขั้นตอนการสร้างจินตนาการ (Imagination)

## 1. ศึกษาเนื้อหา (Study Content)

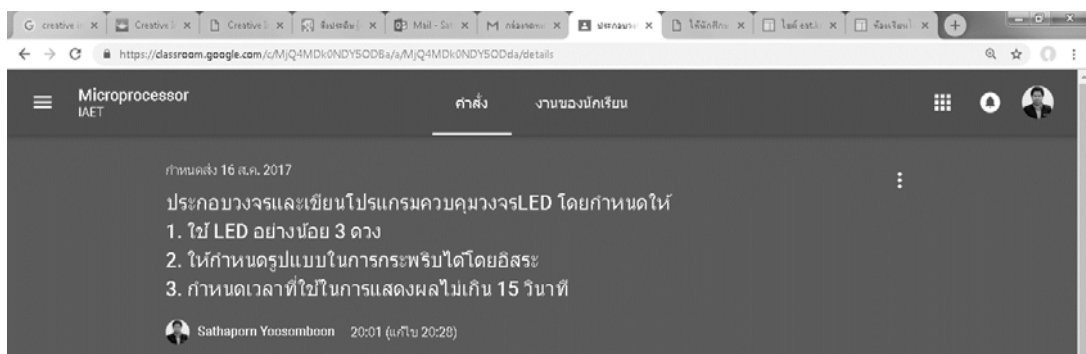
ในกระบวนการนี้ผู้สอนจะเพิ่มรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ แบบฝึกหัดและใบงานอย่างละ 10 ชุด เข้าสู่ระบบ เมื่อผู้เรียนเข้าสู่ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาแล้ว ผู้เรียนจะสามารถศึกษาเนื้อหา ทำแบบฝึกหัดและใบงานตามที่ผู้สอนกำหนด โดยผู้เรียนในกลุ่มบ้านจะส่งตัวแทนเข้าศึกษาในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group) ในแต่ละหัวข้อที่ได้รับมอบหมาย หลังจากนั้นสมาชิกในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจะกลับสู่กลุ่มบ้านเพื่อแชร์ความรู้ต่าง ๆ ให้กับสมาชิกกลุ่มบ้านตามที่ได้ศึกษาในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-10



ภาพที่ 5-10 ตัวอย่างการศึกษาเนื้อหา (Study Content)

## 2. การกำหนดโจทย์ (Problem)

ผู้สอนจะทำการมอบหมายใบงานในแต่ละสัปดาห์ให้กับผู้เรียน โดยผู้สอนจะกำหนดโจทย์ปลายเปิดให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-11



ภาพที่ 5-11 ตัวอย่างการกำหนดโจทย์จินตนาการของผลงาน (Problem)

### 3. การระดมสมอง (Brainstorm)

จากใบงานที่ผู้เรียนได้รับมอบจากผู้สอนในแต่ละสัปดาห์ โดยผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะประชุมระดมสมอง โดยใช้ฐานความรู้ที่ได้ศึกษามาในแต่ละสัปดาห์ในการออกแบบ จินตนาการสร้างสรรค์ผลงานตามโจทย์ที่ได้กำหนดไว้ โดยในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้เครื่องมือสังคมคลาวด์ในการติดต่อสื่อสาร

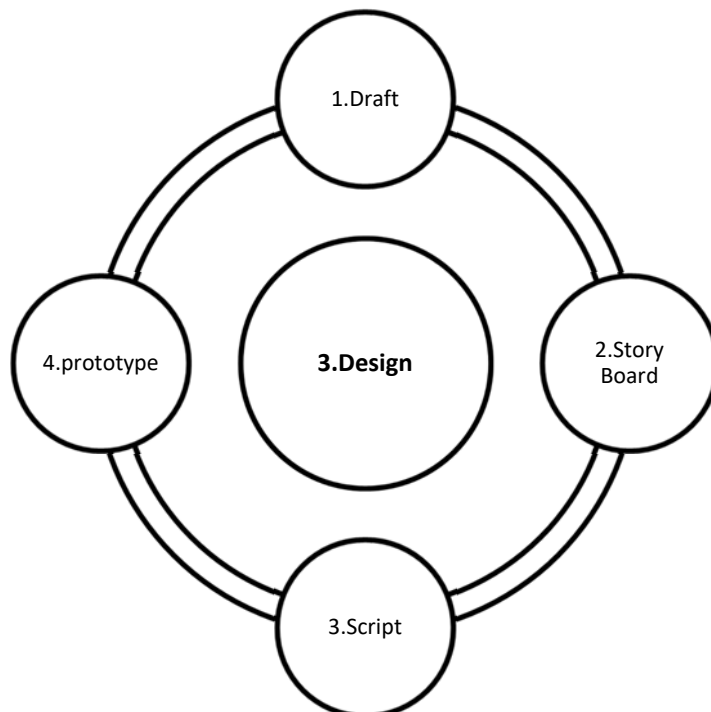
### 4. การแสดงความคิดเห็น (Discussion)

ในกระบวนการนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะเข้าร่วมแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้ศึกษาเพิ่มเติมและขั้นตอนในการออกแบบสร้างผลงานตามใบงานที่ผู้สอนกำหนดผ่านช่องทางสังคมคลาวด์ Facebook, Line เป็นต้น

### 5. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของจินตนาการ (Feasibility)

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันวิเคราะห์เลือกแนวทางการทำงานที่มีความเป็นไปได้ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ให้สามารถทำงานได้ตามที่จินตนาการไว้ผ่านช่องทางสังคมคลาวด์ Facebook, Line เป็นต้น

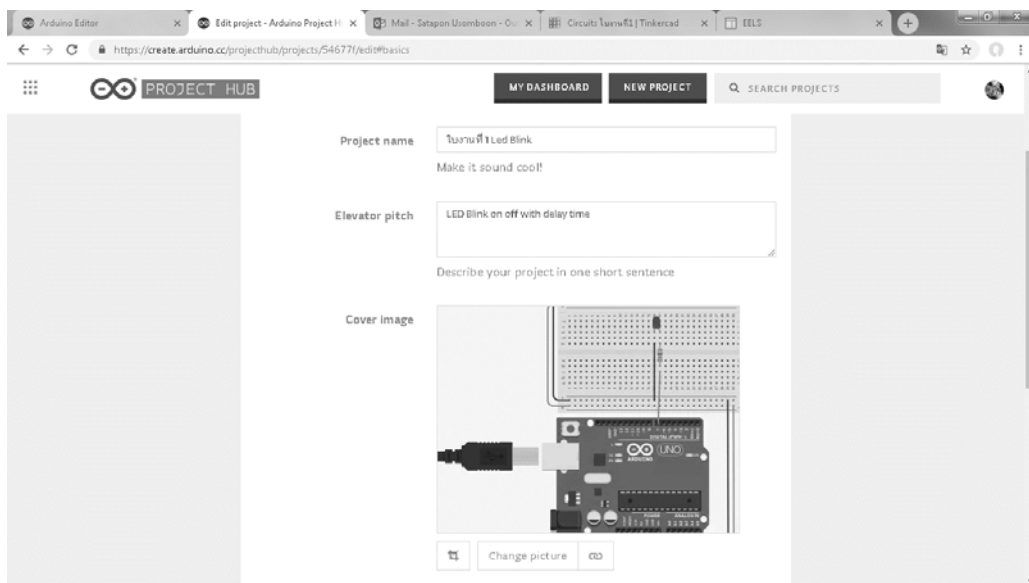
ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ (Design) ประกอบด้วย 4 กระบวนการ คือ 1. การเขียนแบบร่าง (Draft) 2. การเขียนสตอรี่บอร์ด (Story Board) 3. การเขียนสคริปต์ (Script) และ 4. การสร้างแบบจำลอง (Prototype) โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-12



ภาพที่ 5-12 ขั้นตอนการออกแบบ (Design)

## 1. การเขียนแบบร่าง (Draft)

เพื่อนำข้อสรุปจากการระดมความคิดเห็นของผู้เรียนในแต่ละกลุ่มมาเขียนอธิบายการทำงานด้วยรูปภาพ ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องมือในการสร้างแบบจำลองแบบการทำงาน การวางอุปกรณ์ การเชื่อมต่อวงจรและการกำหนดค่าให้อุปกรณ์ในวงจร โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-13



ภาพที่ 5-13 ตัวอย่างการเขียนแบบร่าง (Draft)

## 2. การเขียนสตอรี่บอร์ด (Story Board)

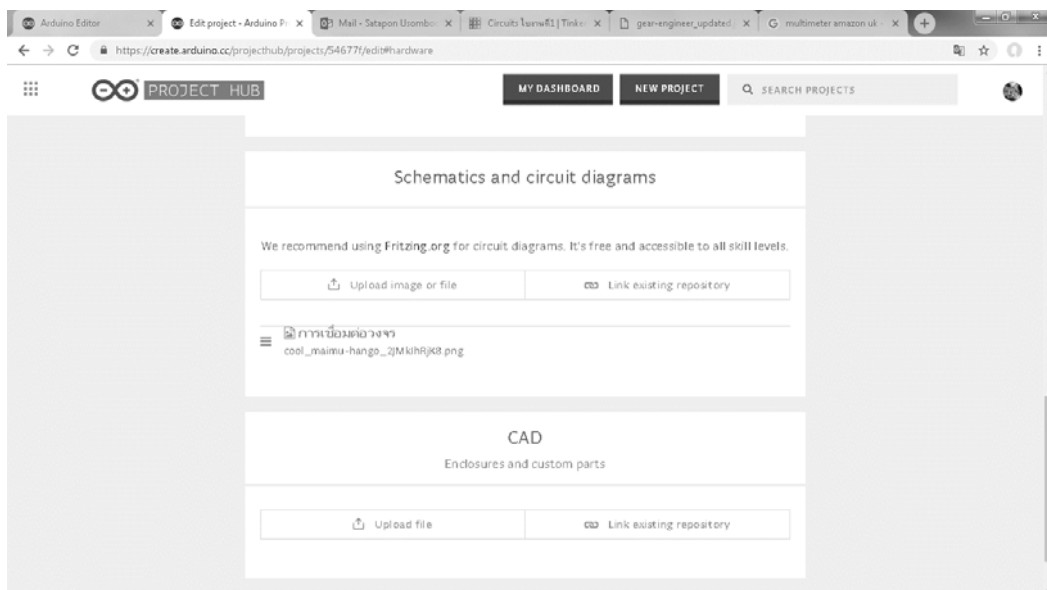
ในกระบวนการนี้ผู้เรียนจะใช้เครื่องมือ Arduino Project Hub ในการเขียนอธิบายขั้นตอนการทำงานของชิ้นงานด้วยการเขียนบรรยายข้อความ การเพิ่มลิงค์ของงาน การกำหนดโค้ดคำสั่ง การลำดับหัวข้อรายการขั้นตอน การวาดภาพและภาพเคลื่อนไหวประกอบการทำงาน โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-14



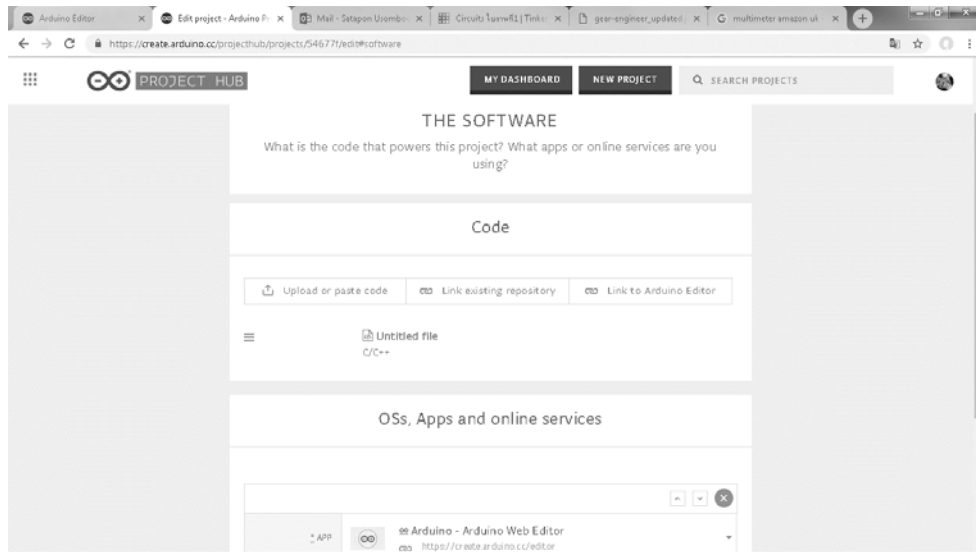
ภาพที่ 5-14 ตัวอย่างการเขียนสตอรี่บอร์ด (Story Board)

### 3. การเขียนสคริปต์ (Script)

ในกระบวนการนี้ผู้เรียนจะเขียนสคริปต์ของงานเพื่ออธิบายรายละเอียดด้านฮาร์ดแวร์ คือ รายละเอียดอุปกรณ์ เครื่องมือประมวลผล แบบชิ้นงาน และแบบการเชื่อมต่อวงจร ด้านซอฟต์แวร์ คือ ภาษาและโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาชิ้นงานและลำดับของการทำงานตามโฟลว์ชาร์ต โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-15 ถึง 16



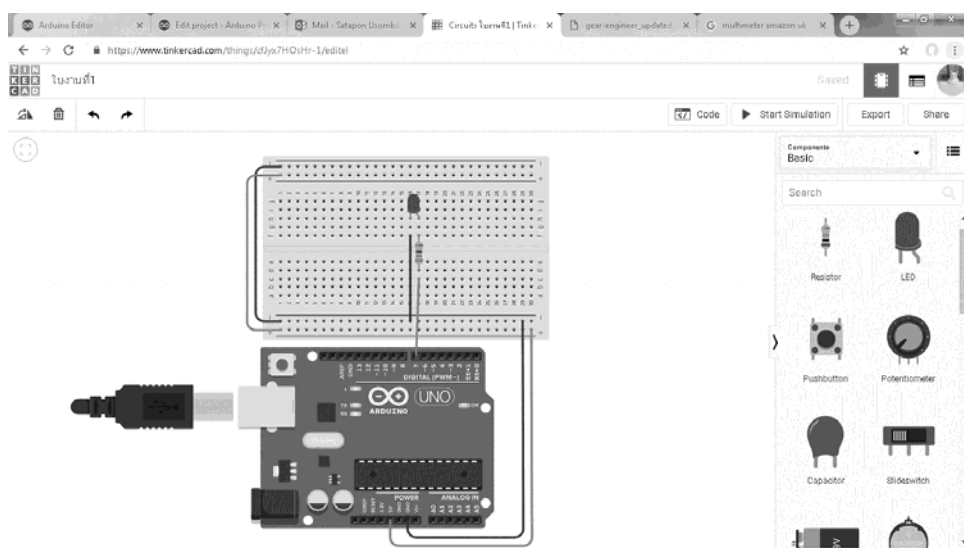
ภาพที่ 5-15 ตัวอย่างการเขียนสคริปต์ด้านฮาร์ดแวร์



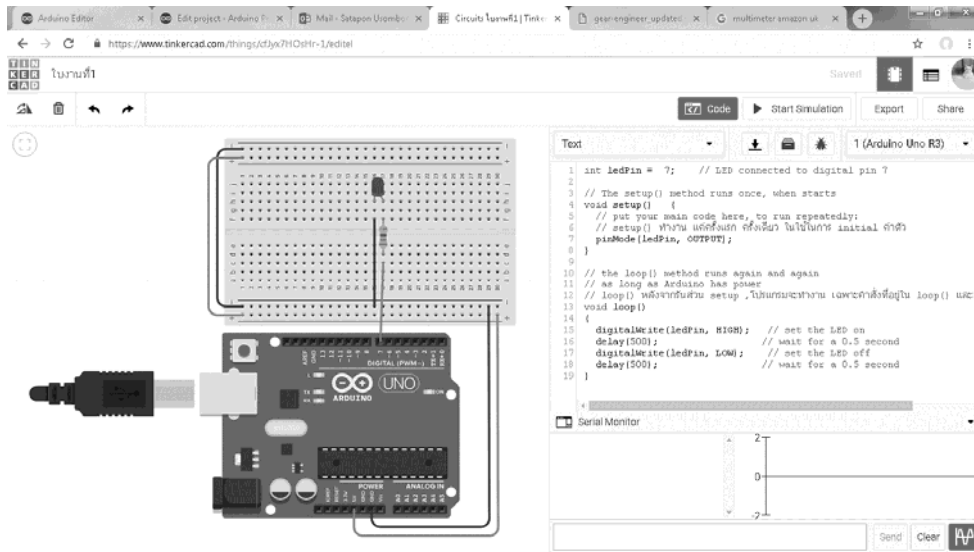
ภาพที่ 5-16 ตัวอย่างการเขียนสคริปต์ด้านซอฟต์แวร์

#### 4. การสร้างแบบจำลอง (Prototype)

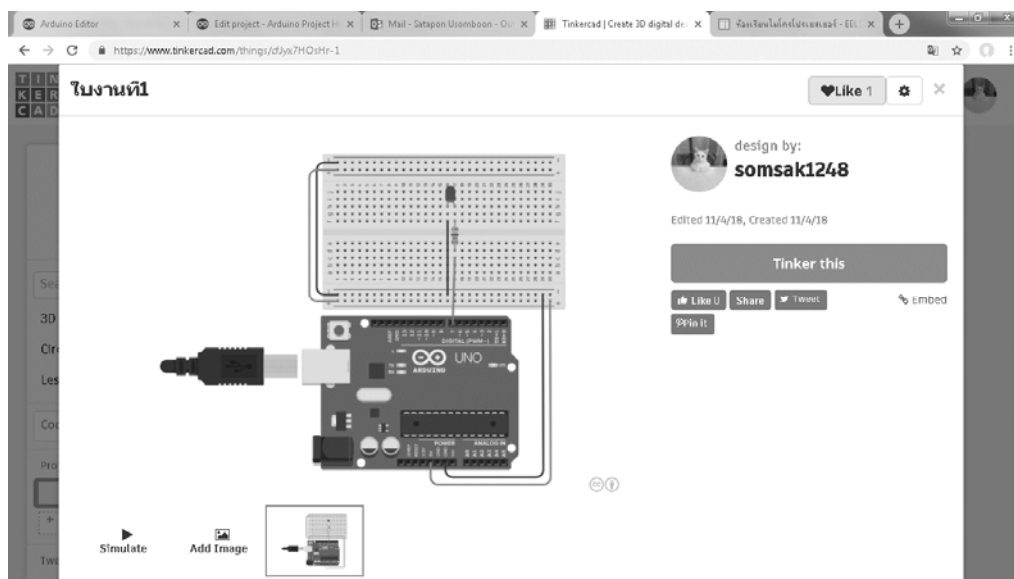
ผู้เรียนจะสร้างแบบจำลองของชิ้นงานด้านฮาร์ดแวร์ด้วยการวาง การเชื่อมต่อและการกำหนดค่าอุปกรณ์ ด้านซอฟต์แวร์ คือ การเขียนโปรแกรม การตรวจสอบโปรแกรมให้ทำงานตามที่กำหนด การทดสอบผลการทำงานโดยการจำลองการทำงานของโปรแกรม ซึ่งจะแสดงผลออนไลน์ทางหน้าจอในรูปแบบกราฟฟิก ข้อความและกราฟ โดยในกระบวนการนี้ผู้เรียนจะใช้เครื่องมือ Tinkercad ในการสร้างแบบจำลอง (Prototype) นอกจากนี้ผู้เรียนยังสามารถแชร์ผ่านทางสังคมออนไลน์ เช่น Facebook, Tweeter และPinterest โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-17 ถึง 19



ภาพที่ 5-17 ตัวอย่างการใช้เครื่องมือ Tinkercad ด้านฮาร์ดแวร์

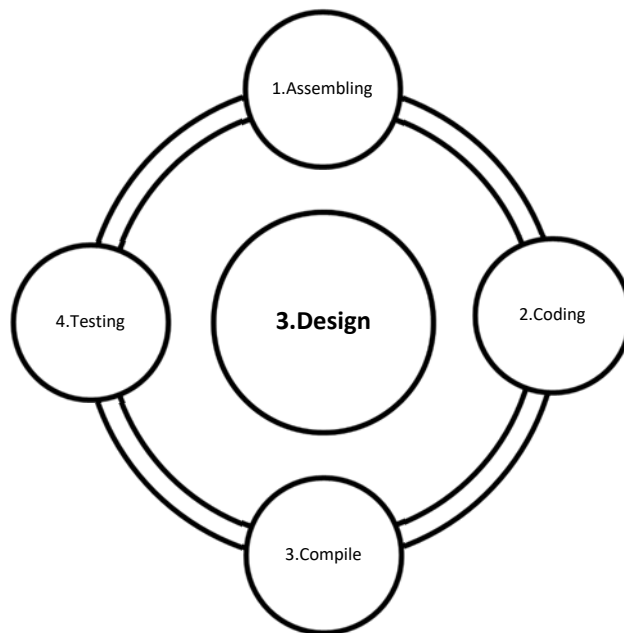


ภาพที่ 5-18 ตัวอย่างการใช้เครื่องมือ Tinkercad ด้านซอฟต์แวร์



ภาพที่ 5-19 ตัวอย่างการใช้เครื่องมือ Tinkercad ในการแชร์ผลงานบนสังคมคลาวด์

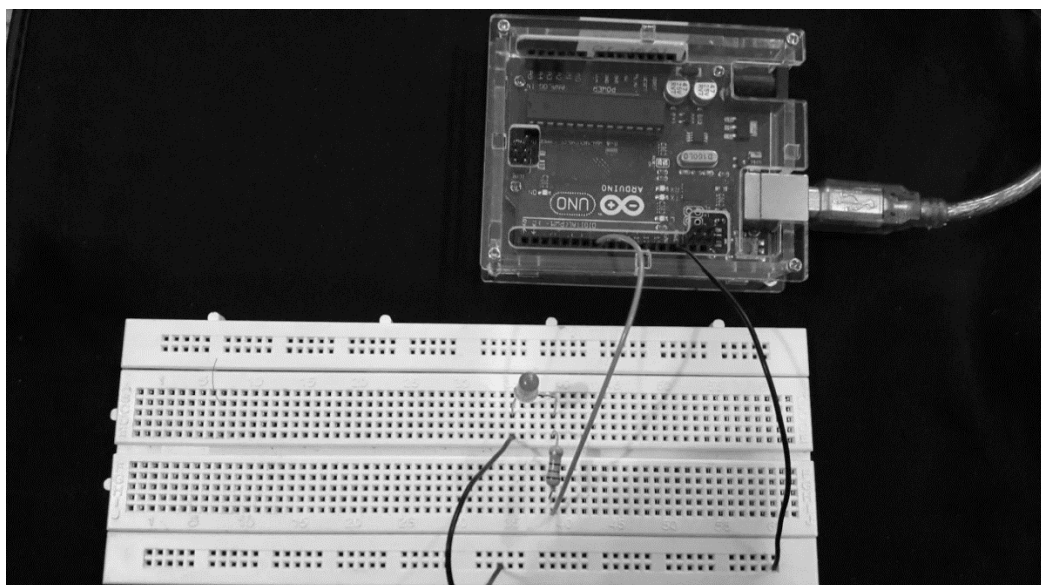
ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Development) ประกอบด้วย 4 กระบวนการ คือ 1. การประกอบวงจร (Assembling) 2. การเขียนโปรแกรม (Coding) 3. การประมวลผล (Compile) และ 4. การทดสอบ (Testing) โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-20



ภาพที่ 5-20 ขั้นตอนกระบวนการพัฒนาระบบสมองฝังตัว (Embedded Development)

#### 1. การประกอบวงจร (Assembling)

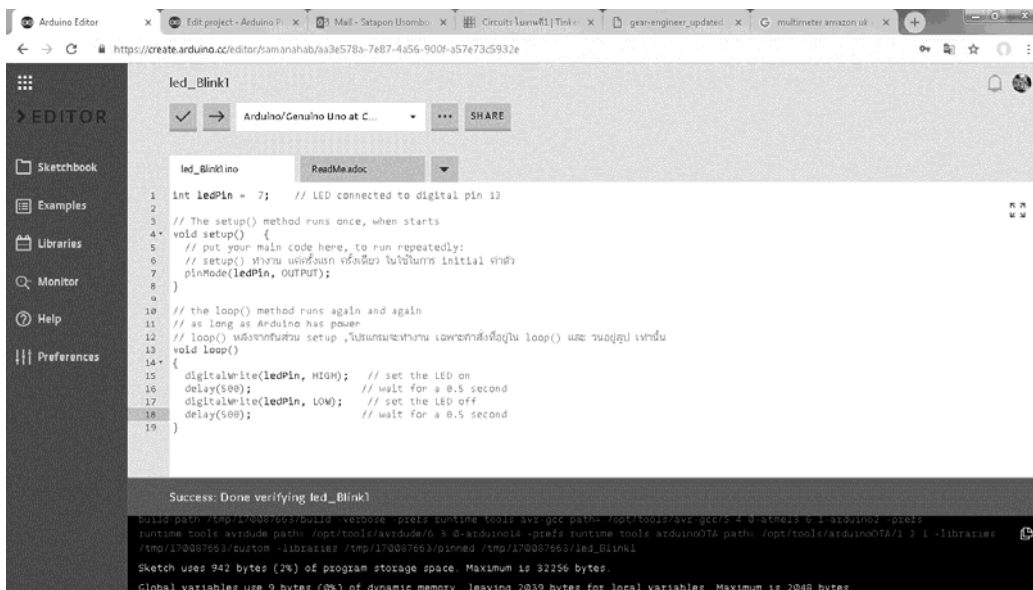
ผู้เรียนจะทำการเชื่อมต่อวงจรจริงบนฮาร์ดแวร์ โดยทำการเชื่อมต่อสายสัญญาณแต่ละเส้นกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล Arduino ซึ่งจะมีแผงเชื่อมต่อวงจรเบรตบอร์ดเป็นที่รองรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-21



ภาพที่ 5-21 ตัวอย่างการประกอบชิ้นงาน (Assembling)

## 2. การเขียนโปรแกรม (Coding)

ผู้เรียนทำการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีลิงในหน้า Sketchbook โดยใช้เครื่องมือ Arduino Web Editor โดยเครื่องมือนี้จะมีฟังก์ชันการช่วยเหลือในการเขียนโปรแกรม ตัวอย่างโปรแกรมไลบรารีที่ใช้งาน และหน้าจอมอนิเตอร์ที่ใช้แสดงผลการทำงานของโปรแกรม โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-22



```
led_blink1
Arduino/Genuino Uno at C... SHARE

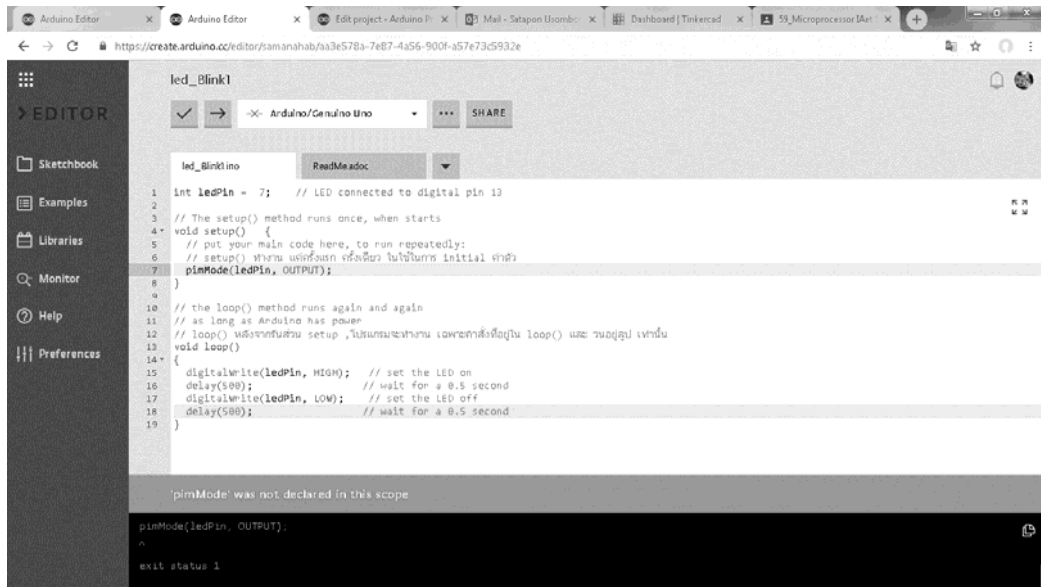
led_blink1ino ReadMe adoc
1 int ledPin = 7; // LED connected to digital pin 13
2
3 // The setup() method runs once, when starts
4 void setup() {
5 // put your main code here, to run repeatedly:
6 // setup() ทำงาน แรกครั้งเมื่ เครื่องเริ่ม ใช้นี้ในครั้งแรก initial ค่านี้
7 pinMode(ledPin, OUTPUT);
8 }
9
10 // the loop() method runs again and again
11 // as long as Arduino has power
12 // loop() หลังจากกับส่วน setup ,ไม่กลับมาจะทำงาน เฉพาะคำสั่งนี้อยู่ใน loop() และ จะอยู่ไปเรื่อยๆ
13 void loop()
14 {
15 digitalWrite(ledPin, HIGH); // set the LED on
16 delay(500); // wait for a 0.5 second
17 digitalWrite(ledPin, LOW); // set the LED off
18 delay(500); // wait for a 0.5 second
19 }

Success: Done verifying led_blink1
Build path /tmp/170087663/build verbose pre-compile tools avr-gcc path: /opt/tools/avr-gcc/5.4.3-atmel/1.8130004-pre12
runtime tools avrdude path: /opt/tools/avrdude/6.3-0-arduino14 -prefs runtime tools arduinoOTA path: /opt/tools/arduinoOTA/1.2.1 -libraries
/tmp/170087663/custom-libraries /tmp/170087663/pinned /tmp/170087663/led_blink1
Sketch uses 942 bytes (2% of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 0 bytes (0% of dynamic memory, leaving 2039 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
```

ภาพที่ 5-22 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม (Coding)

## 3. การประมวลผล (Compile)

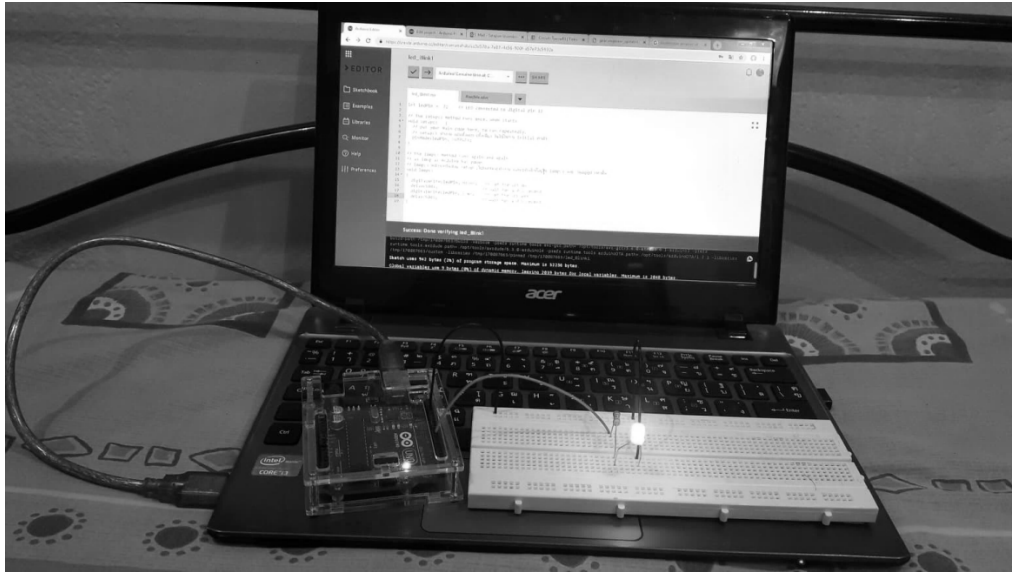
ผู้เรียนทำการประมวลผลการทำงานของชุดคำสั่งเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของชุดคำสั่งที่ได้เขียนขึ้น โดยใช้เครื่องมือ Verify หากชุดคำสั่งที่เขียนขึ้นมีข้อผิดพลาด โปรแกรมจะแสดงบรรทัดคำสั่งที่ผิดพลาดเพื่อให้ผู้เรียนทำการแก้ไขให้ถูกต้องก่อนส่งชุดคำสั่งไปยังหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล Arduino เพื่อทำการทดสอบการทำงานต่อไป โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-23



ภาพที่ 5-23 ตัวอย่างการประมวลผล (Compile)

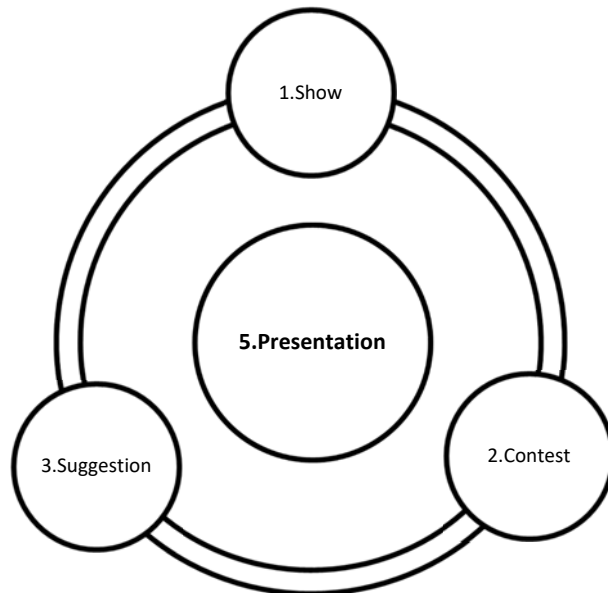
#### 4. การทดสอบ (Testing)

ผู้เรียนทดสอบการทำงานของชุดคำสั่งร่วมกับชิ้นงานที่ประกอบขึ้นจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino โดยผู้เรียนต้องทำการเชื่อมต่อสาย USB เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino และทำการตั้งค่าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino เลือกคอมพอร์ต (Com Port) ที่ใช้เชื่อมต่อให้ถูกต้อง แล้วเลือกคลิกที่ปุ่ม Upload โปรแกรมก็จะทำการส่งชุดคำสั่งไปยังหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์และบอร์ดคอนโทรลเลอร์ก็จะควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้แสดงผลการทำงานออกมาโดยทันที หากผลลัพธ์ของการทำงานไม่เป็นไปตามที่ออกแบบ ผู้เรียนต้องตรวจสอบแก้ไข ปรับปรุงวงจรอิเล็กทรอนิกส์และชุดคำสั่งของโปรแกรม เพื่อให้ผลลัพธ์ของการทำงานได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-24



ภาพที่ 5-24 ตัวอย่างการทดสอบการทำงาน (Testing)

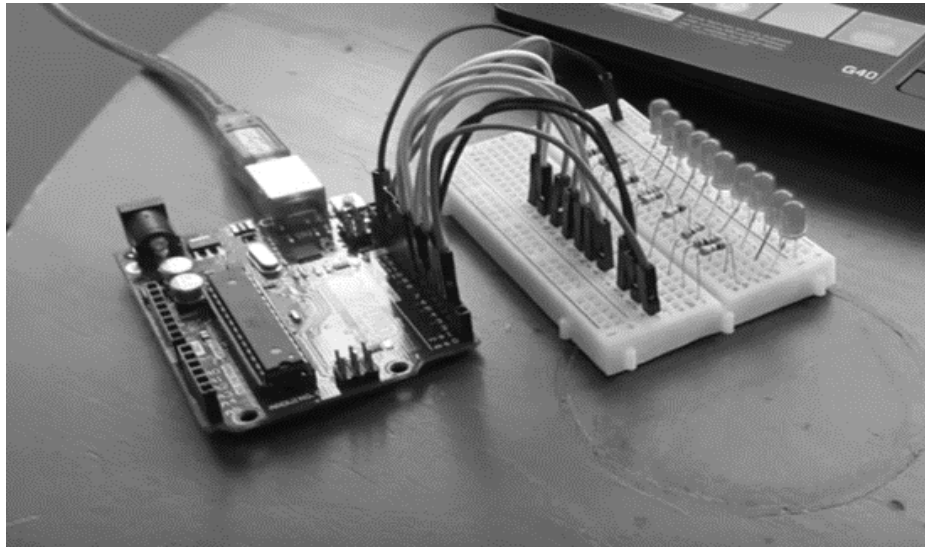
ขั้นตอนที่ 5 การนำเสนอ (Presentation) ประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ 1. การแสดงผลงาน (Show) 2. การแข่งขัน (Contest) และ 3. การรับฟังความคิดเห็น (Suggestion) โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-25



ภาพที่ 5-25 ขั้นตอนกระบวนการนำเสนอ (Presentation)

### 1. การแสดงผลงาน (Show)

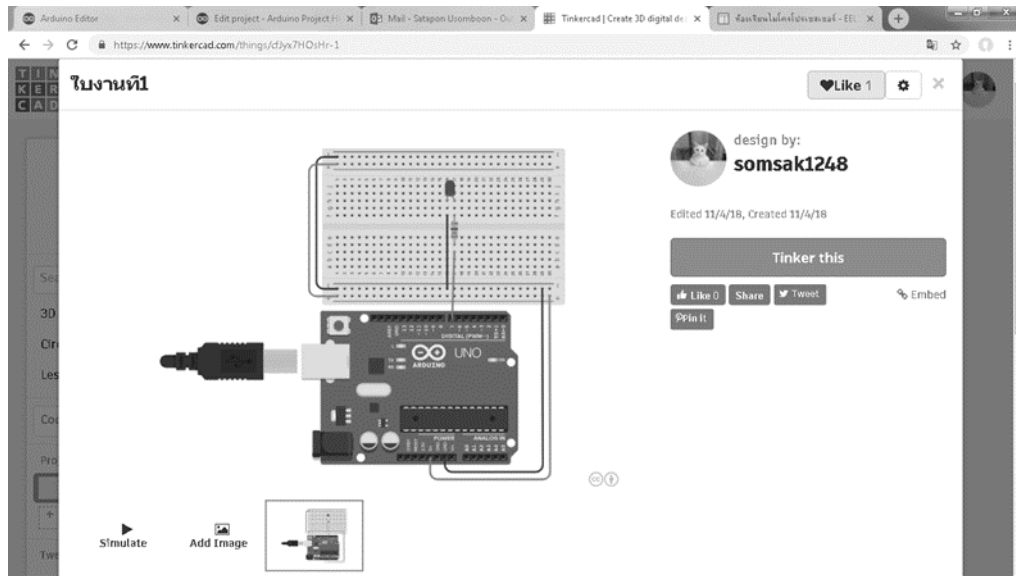
ผู้เรียนส่งผลงานที่ทำเสร็จเข้าสู่ระบบในรูปแบบของวิดีโอไฟล์ผ่านสังคมคลาวด์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อวงจรและการทำงานของโปรแกรมตามที่สมาชิกในกลุ่มได้ร่วมกันทำขึ้น โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-26



ภาพที่ 5-26 ตัวอย่างการแสดงผลงาน (Show)

### 2. การแข่งขัน (Contest)

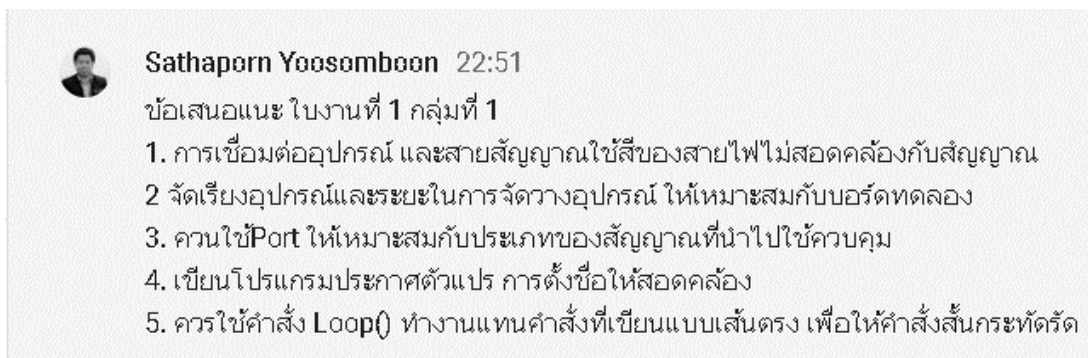
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการคัดเลือกผลงานด้วยการโหวตจากผู้สอนและผู้เรียน โดยผู้สอนและผู้เรียนแต่ละคนจะมีสิทธิ์คนละ 1 Like ในการเลือกผลงานของแต่ละกลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงานสร้างสรรค์ได้ตามเงื่อนไขที่ผู้สอนกำหนด กลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุดจะเป็นผู้ชนะในการแข่งขัน โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-27



ภาพที่ 5-27 ตัวอย่างการแข่งขัน (Contest)

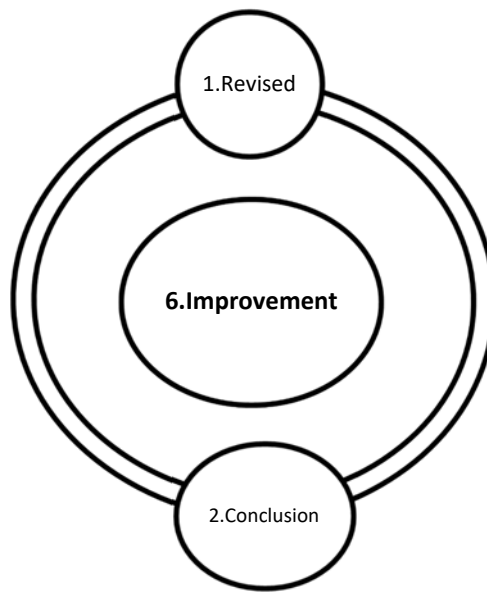
### 3. การรับฟังความคิดเห็น (Suggestion)

ผลงานของแต่ละกลุ่มจะได้รับข้อเสนอแนะจากผู้สอนและผู้เรียนจากกลุ่มอื่น โดยผู้สอนและผู้เรียนจากกลุ่มอื่นจะแสดงความคิดเห็นบนโพสต์หน้าส่งงานของระบบ ซึ่งผู้สอนจะเป็นคนสรุปข้อเสนอแนะให้แต่ละกลุ่มทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เพื่อนำไปปรับปรุงให้ผลงานดีขึ้นในครั้งต่อไป โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-28



ภาพที่ 5-28 ตัวอย่างการรับฟังความคิดเห็น (Suggestion)

ขั้นตอนที่ 6 กระบวนการปรับปรุง (Improvement) ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ 1. การแก้ไขผลงาน (Revised) และ 2. การสรุปผลงาน (Conclusion) โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-29



ภาพที่ 5-29 ขั้นตอนกระบวนการปรับปรุง (Improvement)

### 1. การแก้ไขผลงาน (Revised)

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำการปรับปรุงผลงานตามบทสรุปที่เกี่ยวกับข้อเสนอแนะของผู้สอน ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เพื่อให้ผลงานทำงานได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-30

```

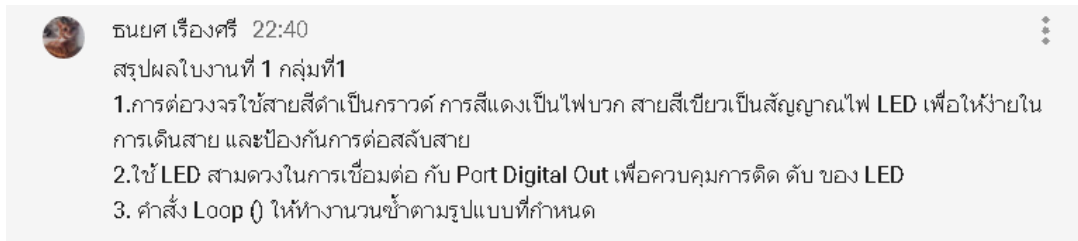
led_Blink1
led_Blink1.ino
1 int ledPin7 = 7; // LED connected to digital pin 7
2 int ledPin13 = 13; // LED connected to digital pin 13
3
4 // The setup() method runs once, when starts
5 void setup() {
6 // put your main code here, to run repeatedly:
7 // setup() ทำงาน แต่ครั้งแรก ครั้งเดียว ในใช้ในการ initial ค่าตัว
8 pinMode(ledPin7, OUTPUT);
9 pinMode(ledPin13, OUTPUT);
10 }
11
12 // the loop() method runs again and again
13 // as long as Arduino has power
14 // loop() หลังจากส่วน setup ,โปรแกรมจะทำงาน เฉพาะคำสั่งที่อยู่ใน loop() และ วนอยู่ไป เท่านั้น
15 void loop()
16 {
17 digitalWrite(ledPin7, HIGH); // set the LED on
18 digitalWrite(ledPin13, HIGH); // set the LED on
19 delay(500); // wait for a 0.5 second
20 digitalWrite(ledPin7, LOW); // set the LED off
21 }
Success: Done verifying led_Blink1
Sketch uses 978 bytes (3%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 9 bytes (0%) of dynamic memory, leaving 2039 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

```

ภาพที่ 5-30 กระบวนการปรับปรุง (Improvement)

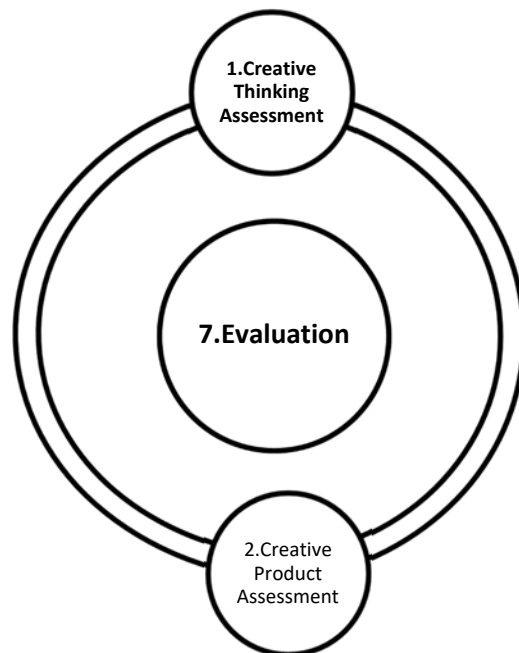
## 2. การสรุปผลงาน (Conclusion)

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปเขียนผลสรุปของการทำงานเช่น ความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์ ปัญหา อุปสรรค ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นและวิธีการแก้ไข เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำงานในครั้งต่อไป โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-31



ภาพที่ 5-31 การสรุปผลงาน (Conclusion)

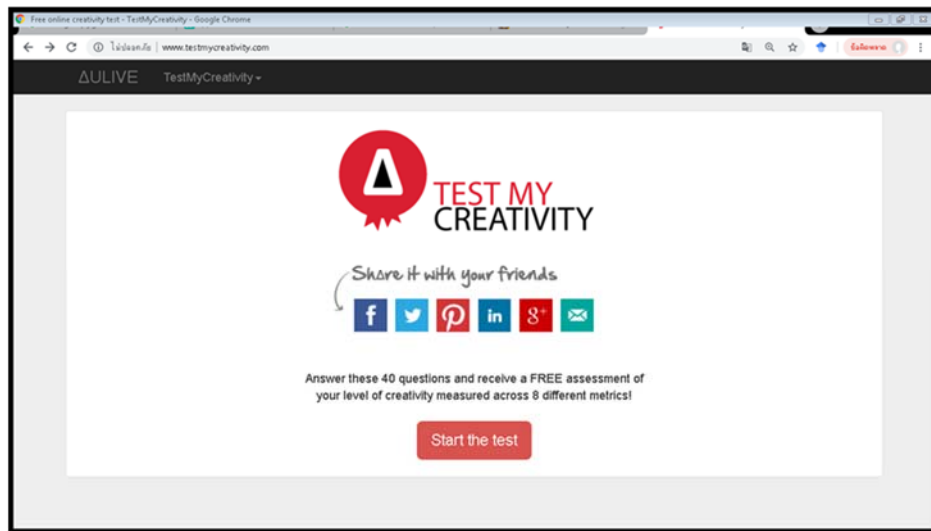
ขั้นตอนที่ 7 การประเมินผล (Evaluation) ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ 1. การประเมิน 1. การประเมินความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Assessment) และ 2. การประเมินผลงานสร้างสรรค์ (Product Creative Assessment) โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-32



ภาพที่ 5-32 ขั้นตอนกระบวนการวัดประเมินผล (Evaluation)

## 1. การประเมินความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Assessment)

ผู้สอนจัดให้ผู้เรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์รายบุคคล TEST MY CREATIVITY ก่อนเรียน และหลังเรียนสัปดาห์สุดท้ายจำนวน 40 ข้อ 100 คะแนน เพื่อวัดประเมินความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Assessment) โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-33



ภาพที่ 5-33 ตัวอย่างการประเมินความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Assessment)

## 2. ประเมินผลงานสร้างสรรค์ (Product Creative Assessment)

ผู้สอนใช้แบบวัดผลงานสร้างสรรค์ ที่พัฒนาขึ้นและผ่านการประเมินรับรองจากผู้เชี่ยวชาญ โดยแบบวัดผลงานสร้างสรรค์เป็นแบบวัดรูปรีคจำนวน 10 หัวข้อรายการประเมิน มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน ประกอบด้วยผลประเมิน 5 ระดับ คือ ระดับที่ 5 คะแนนรวม 25 – 30 หมายถึงงานมีคุณภาพระดับดีมาก ระดับที่ 4 คะแนนรวม 19 – 24 หมายถึงงานมีคุณภาพระดับดี ระดับที่ 3 คะแนนรวม 13 – 18 หมายถึงงานมีคุณภาพระดับปานกลาง ระดับที่ 2 คะแนนรวม 7 – 12 หมายถึงงานมีคุณภาพระดับพอใช้ และระดับที่ 1 คะแนนรวม 0 – 6 หมายถึงงานมีคุณภาพระดับปรับปรุง โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ตัวอย่างการประเมินผลงานสร้างสรรค์ (Product Creative Assessment)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				คะแนนรวม
	3	2	1	0	
1. ผลงานมีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด	ผลงานมีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ 3 จุด	ผลงานมีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด 2 จุด	ผลงานมีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด 1 จุด	ผลงานไม่มีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด	3
2. จุดดีจุดเด่นของผลงาน	มีจุดดีจุดเด่นของผลงานมากกว่า 3 จุด	มีจุดดีจุดเด่นของผลงาน 2 จุด	มีจุดดีจุดเด่นของผลงาน 1 จุด	ผลงานไม่มีจุดดีจุดเด่น	3
3. ความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน	ผลงานมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากกว่า 3 ฟังก์ชัน	ผลงานมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน 2 ฟังก์ชัน	ผลงานมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน 1 ฟังก์ชัน	ผลงานไม่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน	2
4. ความสวยงามความประณีต	ผลงานมีความสวยงามความประณีตตั้งแต่ 3 จุด	ผลงานมีความสวยงามความประณีต 2 จุด	ผลงานมีความสวยงามความประณีต 1 จุด	ผลงานไม่มีความสวยงาม ความประณีต	3
5. ผลงานใช้วัสดุอุปกรณ์แปลกใหม่	ผลงานใช้วัสดุอุปกรณ์แปลกใหม่ตั้งแต่ 3 ชนิด	ผลงานใช้วัสดุอุปกรณ์แปลกใหม่ 2 ชนิด	ผลงานใช้วัสดุอุปกรณ์แปลกใหม่ 1 จุด	ผลงานไม่ใช้วัสดุอุปกรณ์แปลกใหม่	3
6. ปริมาณของผลงานทำได้ในเวลาที่กำหนด	ผลงานทำได้เสร็จก่อนเวลาที่กำหนด (7 วัน)	ผลงานทำได้ในเวลาที่กำหนด (7 วัน)	ผลงานทำได้ช้ากว่าเวลาที่กำหนด 1 วัน	ผลงานทำได้ช้ากว่าเวลาที่กำหนดมากกว่า 1 วัน	3

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				คะแนนรวม
	3	2	1	0	
7. พัฒนาการของผลงานในเชิงคุณภาพ	ผลงานมีพัฒนาในเชิงคุณภาพ สามารถทำงานได้สมบูรณ์ ราบรื่น สม่่าเสมอ 3 ครั้ง	ผลงานมีพัฒนาในเชิงคุณภาพ สามารถทำงานได้สมบูรณ์ ราบรื่น สม่่าเสมอ 2 ครั้ง	ผลงานมีพัฒนาในเชิงคุณภาพ สามารถทำงานได้สมบูรณ์ ราบรื่น สม่่าเสมอ 1 ครั้ง	ผลงานไม่มีการพัฒนาในเชิงคุณภาพไม่สามารถทำงานได้สมบูรณ์ ราบรื่น	3
8. พัฒนาการของผลงานในเชิงปริมาณ	ผลงานมีพัฒนาในเชิงปริมาณสูงสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันและเวลาที่กำหนด 3 ครั้ง	ผลงานมีพัฒนาในเชิงปริมาณสูงสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันและเวลาที่กำหนด 2 ครั้ง	ผลงานมีพัฒนาในเชิงปริมาณสูงสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันและเวลาที่กำหนด 1 ครั้ง	ผลงานไม่มีการพัฒนาในเชิงปริมาณ ไม่สามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันและเวลาที่กำหนด	3
9 .ระดับความปลอดภัยของผลผลิตเมื่อนำไปใช้งานจริง	การนำผลผลิตไปใช้งานมีความปลอดภัย ตั้งแต่ 3 จุด ขึ้นไป	การนำผลผลิตไปใช้งานมีความปลอดภัยตั้งแต่ 2 จุด ขึ้นไป	การนำผลผลิตไปใช้งานมีความปลอดภัยตั้งแต่ 1 จุด ขึ้นไป	ผลงานไม่มีความปลอดภัย	3

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				คะแนนรวม
	3	2	1	0	
10. จำนวนชิ้นงานที่ทำแล้วใช้ไม่ได้	ชิ้นงานที่ทำแล้วสามารถใช้ได้ทุกชิ้น	มี 1 ชิ้นงานที่ทำแล้วไม่สามารถใช้ได้ทุกชิ้น	มี 2 ชิ้นงานที่ทำแล้วไม่สามารถใช้ได้ทุกชิ้น	มีตั้งแต่ 3 ชิ้นงานที่ทำแล้วไม่สามารถใช้ได้ทุกชิ้น	3
คะแนนรวม					29

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สรุปกระบวนการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 กระบวนการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมนาฬิกา
<b>1. กระบวนการสร้างกลุ่มจิ๊กซอว์ (Jigsaw Group)</b>			
1.1 ขั้นตอนการสร้างกลุ่มบ้าน (Home Group)			
แบ่งกลุ่มผู้เรียนเป็นกลุ่มบ้าน (Home Group) ตามระดับความสามารถของผู้เรียน ในกลุ่มมี 3 ระดับ เก่ง กลาง อ่อน	ผู้สอนแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มบ้าน (Home Group) กลุ่มละ 5 คน จำนวน 8 กลุ่ม โดยแบ่งตามระดับความสามารถ เก่ง กลาง อ่อน	สมาชิกในกลุ่มแนะนำตัวเอง ให้กับสมาชิกในกลุ่ม เลือกหัวหน้ากลุ่มในการทำงาน แบ่งหน้าที่รับผิดชอบทำงาน	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาและโปรแกรม Arduino Project Hub
1.2 ขั้นตอนการสร้างกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group)			
แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group) ตามลำดับที่ของสมาชิกภายในกลุ่ม	ผู้สอนแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Group) กลุ่มละ 8 คน จำนวน 5 กลุ่ม โดยแบ่งตามลำดับที่ของสมาชิกในกลุ่ม	สมาชิกในกลุ่มแนะนำตัวเอง ให้กับสมาชิกในกลุ่ม เลือกหัวหน้ากลุ่มในการทำงาน แบ่งหน้าที่รับผิดชอบทำงาน	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา และโปรแกรม Arduino Project Hub

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมคลาวด์
<b>2. กระบวนการสร้างจินตนาการ (Imagination)</b>			
2.1 ขั้นตอนการศึกษาเนื้อหา (Study Content)			
ศึกษาเนื้อหาวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ตามแผนการเรียนรู้รายสัปดาห์	ผู้สอนชี้แจงการใช้งานระบบและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายสัปดาห์	ศึกษาเนื้อหารายสัปดาห์ และทำกิจกรรมการเรียนรู้ แบบฝึกหัด และใบงาน	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ฯ และโปรแกรม Arduino Project Hub
2.2 ขั้นตอนกำหนดโจทย์จินตนาการของผลงาน (Problem)			
กำหนดโจทย์ให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ผลงานจากจินตนาการ	ผู้สอนมอบหมายใบงานให้ผู้เรียน โดยผู้สอนจะกำหนดโจทย์ปลายเปิดให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสร้างผลงานจากจินตนาการ	ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะใช้ความรู้ที่ได้ศึกษามาในแต่ละสัปดาห์ ช่วยกันออกแบบ สร้างสรรค์ผลงานตามโจทย์ที่ได้กำหนดไว้	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ฯ

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมคลาวด์
2.3 ขั้นตอนการระดมสมองจินตนาการผลงาน (Brainstorm)			
สามารถระดมสมองช่วยกันแก้ ปัญหาโดยใช้จินตนาการสร้าง ผลงานได้	ผู้สอนอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจในงาน ที่มอบหมาย ให้คำแนะนำและ ข้อเสนอแนะ แหล่งข้อมูลในการ ค้นคว้า	ผู้เรียนแต่ละกลุ่มประชุมระดมสมอง ใช้จินตนาการสร้างสรรค์ผลงานตาม โจทย์ใบงานที่กำหนด	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว บนสังคมคลาวด์ สื่อสังคม คลาวด์ เช่น Facebook, Line
2.4 ขั้นตอนการแสดงความคิดเห็น (Discussion)			
สามารถแสดงความคิดเห็นใน การแก้ปัญหาโดยใช้จินตนาการ สร้างผลงานได้	ผู้สอนอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจ ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ	ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมแสดง ความคิดเห็นร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปในการ ทำงาน ผ่านช่องทางสังคมคลาวด์	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว บนสังคมคลาวด์ สื่อสังคม คลาวด์ เช่น Facebook, Line
2.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของจินตนาการ (Feasibility)			
สามารถวิเคราะห์ความเป็นไปได้ ของจินตนาการที่ใช้สร้างสรรค์ ผลงานได้	ผู้สอนอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจ ให้ คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ	ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมวิเคราะห์ ความเป็นไปได้ของจินตนาการที่ใช้ สร้างผลงานเพื่อหาข้อสรุปในการ ทำงาน ผ่านช่องทางสังคมคลาวด์	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว บนสังคมคลาวด์ สื่อสังคม คลาวด์ เช่น Facebook, Line

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมคลาวด์
<b>3. กระบวนการออกแบบ (Design)</b>			
3.1 ขั้นตอนแบบร่าง (Draft)			
สามารถร่างแบบของผลงานที่ได้วิเคราะห์สร้างสรรค์ผลงานไว้ได้	ผู้สอนอธิบายการใช้งานเครื่องมือต่างๆ ให้ผู้เรียนเข้าใจ และให้คำแนะนำ ตัวอย่างผลงาน	ผู้เรียนเขียนแบบร่างซึ่งอธิบายด้วยรูปภาพที่ผู้เรียนต้องการให้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือ จำลองแบบการทำงาน การวางอุปกรณ์ การเชื่อมต่อวงจร และการกำหนดค่าให้อุปกรณ์ในวงจร	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โปรแกรม Arduino Project Hub
3.2 ขั้นตอนเขียนสตอรี่บอร์ด (Story Board)			
สามารถเขียนสตอรี่บอร์ดอธิบายขั้นตอนหลักการทำงานได้	ผู้สอนอธิบายการใช้งานเครื่องมือต่างๆ ให้ผู้เรียนเข้าใจ และให้คำแนะนำ	ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องมืออธิบายขั้นตอนหลักการทำงานของชิ้นงาน ด้วยการเขียนบรรยายข้อความ การเพิ่มลิงค์ของงาน การกำหนดโค้ด	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โปรแกรม Arduino Project Hub

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมคณาจารย์
		คำสั่ง การลำดับหัวข้อรายการ ขั้นตอน การวาดภาพประกอบการ ทำงาน และ การใส่ภาพเคลื่อนไหว	
3.3 ขั้นตอนการเขียนสคริปต์ (Script)			
สามารถเขียนสคริปต์เพื่ออธิบาย รายละเอียดด้านฮาร์ดแวร์ และ และด้านซอฟต์แวร์ ของผลงานที่ สร้างสรรค์ขึ้นได้	ผู้สอนอธิบายการใช้งานเครื่องมือ ต่างๆ ให้ผู้เรียนเข้าใจ และให้ คำแนะนำ	ผู้เรียนเขียนสคริปต์ เพื่ออธิบาย รายละเอียดด้านฮาร์ดแวร์ คือ รายละเอียดอุปกรณ์ เครื่องมือ ประมวลผล แบบขึ้นงาน แบบการ เชื่อมต่อวงจร และด้านซอฟต์แวร์ คือ ภาษาที่ใช้เขียน การเลือกใช้ โปรแกรมและบริการออนไลน์ใน การพัฒนา ลำดับของการทำงาน ตามโฟลล์ชาร์ต	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว บนสังคมคณาจารย์ โปรแกรม Arduino Project Hub

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมคลาวด์
3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง (Prototype)			
สามารถสร้างแบบจำลองของชิ้นงานด้านฮาร์ดแวร์และด้านซอฟต์แวร์ ของผลงานที่สร้างสรรค์ขึ้นได้	ผู้สอนอธิบายการใช้งานเครื่องมือต่างๆ ให้ผู้เรียนเข้าใจ และให้คำแนะนำ	ผู้เรียนสร้างแบบจำลองของชิ้นงานด้านฮาร์ดแวร์ คือการวางอุปกรณ์ การเชื่อมต่ออุปกรณ์ การกำหนดค่าอุปกรณ์ และด้านซอฟต์แวร์คือ การเขียนโปรแกรม การดีบั๊ก และการจำลองการทำงาน เพื่อทดสอบผลการทำงาน ซึ่งจะแสดงผลออนไลน์ทางหน้าจอ ในรูปแบบกราฟฟิก ข้อความและกราฟ	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โปรแกรม Tinkercad

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมคลาวด์
4. กระบวนการพัฒนาระบบสมองฝังตัว (Embedded Development)			
4.1 ขั้นตอนการประกอบชิ้นงาน (Assembling)			
สามารถประกอบชิ้นงานทางด้านฮาร์ดแวร์ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ได้	ผู้สอนอธิบายการใช้งานเครื่องมือต่างๆ ให้ผู้เรียนเข้าใจ และให้คำแนะนำการเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ระบบไฟฟ้า ความปลอดภัยในการทำงาน	ผู้เรียนจะทำการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์วงจรจริง โดยทำการเชื่อมต่อสายสัญญาณแต่ละเส้นกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล Arduino ซึ่งจะมีแผงเชื่อมต่อวงจรเบลดบอร์ดเป็นที่รองรับอุปกรณ์ต่างๆ	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โปรแกรม Tinkercad

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมคลาเวต์
4.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม (Coding)			
สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานบอร์ดไมโคร คอนโทรลเลอร์ให้ทำงานตามที่ได้ออกแบบสร้างสรรค์ผลงานไว้ได้	ผู้สอนอธิบายการใช้งานเครื่องมือต่างๆ ให้ผู้เรียนเข้าใจ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมด้วย ภาษาซี	ผู้เรียนทำการเขียนโปรแกรมด้วย ภาษาซี ลงในหน้า Sketchbook โดยใช้เครื่องมือช่วยเหลือในการเขียนโปรแกรม ตัวอย่างโปรแกรมไลบรารีที่ใช้งาน และหน้าจอโมนิเตอร์ที่ใช้แสดงผลการทำงานของโปรแกรม	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาเวต์ โปรแกรม Arduino Web Editor
4.3 ขั้นตอนการประมวลผล (Compile)			
สามารถทำการประมวลผลการทำงานของชุดคำสั่งเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของชุดคำสั่งที่ได้เขียนขึ้นได้	ผู้สอนอธิบายการใช้งานเครื่องมือต่างๆ ให้ผู้เรียนเข้าใจ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการการแก้ไขข้อผิดพลาดโปรแกรมภาษาซี	ผู้เรียนทำการ Compile การทำงานของชุดคำสั่งเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของชุดคำสั่งที่ได้เขียนขึ้น โดยใช้เครื่องมือ Verify หากชุดคำสั่งที่เขียนขึ้นมีข้อผิดพลาด	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาเวต์ โปรแกรม Arduino Web Editor

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมคลาวด์
4.4 ขั้นตอนการทดสอบการทำงาน (Testing)			
สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานบอร์ดไมโคร คอนโทรลเลอร์ให้ทำงานตามที่ได้ออกแบบสร้างสรรค์ผลงานไว้ได้	ผู้สอนอธิบายการใช้งานเครื่องมือต่างๆ ให้ผู้เรียนเข้าใจ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมด้วย ภาษาซี	ผู้เรียนทำการเขียนโปรแกรมด้วย ภาษาซี ลงในหน้า Sketchbook โดยใช้เครื่องมือช่วยเหลือในการเขียนโปรแกรม ตัวอย่างโปรแกรมไลบรารีที่ใช้งาน และหน้าจอโมนิเตอร์ที่ใช้แสดงผลการทำงานของโปรแกรม	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โปรแกรม Arduino Web Editor
5. กระบวนการนำเสนอ (Presentation)			
5.1 ขั้นตอนการแสดงผลงาน (Show)			
สามารถแสดงผลงานที่สร้างสรรค์ขึ้นได้	ผู้สอนชี้แจงเกณฑ์ในการให้คะแนนอธิบายการใช้งานเครื่องมือต่างๆ ให้ผู้เรียนเข้าใจ และให้คำแนะนำ	ผู้เรียนส่งผลงานที่ทำเสร็จเข้าสู่ระบบในรูปแบบของวิดีโอไฟล์ผ่านทางช่องทางโปรแกรม Youtube เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อ	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โปรแกรม Youtube

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมคลาวด์
		<p>วงจรและการทำงานของผลงาน ตามที่กลุ่มได้ร่วมกันสร้างขึ้น</p>	
5.2 ขั้นตอนการแข่งขัน (Contest)			
<p>ผลงานสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้น สามารถแข่งขันได้</p>	<p>ผู้สอนกดไลค์ให้คะแนนผลงานที่ เห็นว่าสามารถใช้ความคิด สร้างสรรค์ผลงานได้ตามเงื่อนไขที่ ผู้สอนกำหนด กลุ่มที่ได้คะแนน สูงสุดจะเป็นผู้ชนะในการแข่งขัน</p>	<p>ผู้เรียนแต่ละคนจะมีสิทธิ์คนละ 1 ไลค์ ในการเลือกผลงานที่ทุกคนเห็น ว่าสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ ผลงานได้ตามเงื่อนไขที่ผู้สอน</p>	<p>ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว บนสังคมคลาวด์ โปรแกรม Tinkercad</p>
5.3 ขั้นตอนการรับฟังความคิดเห็น (Suggestion)			
<p>ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะใน การปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้นโดย ผู้สอนและผู้เรียนช่วยกันแสดง ความคิดเห็น</p>	<p>ผู้สอนจะเป็นคนสรุปข้อเสนอแนะ ให้แต่ละกลุ่มทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์ เพื่อนำไปปรับปรุง พัฒนาผลงานให้ดีขึ้น</p>	<p>ผลงานของแต่ละกลุ่มจะได้รับ ข้อเสนอแนะจากผู้เรียนทั้งด้าน ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์โดยโพสต์ ในหน้าส่งงานของระบบ เพื่อนำไป ปรับปรุงให้ผลงานดีขึ้น</p>	<p>ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว บนสังคมคลาวด์</p>

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมคลาวด์
<b>6. กระบวนการปรับปรุง (Improvement)</b>			
6.1 ขั้นตอนการแก้ไขผลงาน (Revised)			
ผลงานสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นสามารถแข่งขันได้	ผู้สอนกดไลค์ให้คะแนนผลงานที่เห็นว่าสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ผลงานได้ตามเงื่อนไขที่ผู้สอนกำหนด กลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุดจะเป็นผู้ชนะในการแข่งขัน	ผู้เรียนแต่ละคนจะมีสิทธิ์คนละ 1 ไลค์ ในการเลือกผลงานที่ทุกคนเห็นว่าสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ผลงานได้ตามเงื่อนไขที่ผู้สอนกำหนด กลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุดจะเป็นผู้ชนะในการแข่งขัน	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ โปรแกรม Tinkercad
6.2 ขั้นตอนการสรุปผลงาน (Conclusion)			
สามารถสรุปข้อบกพร่อง และวิธีการแก้ไขปรับปรุงผลงานสร้างสรรค์ให้ดีขึ้นได้	ผู้สอนอธิบายให้ผู้เรียน เข้าใจ ปัญหา อุปสรรค ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น	ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปการทำงานของผลงาน ปัญหา อุปสรรค ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำงานในครั้งต่อไป ให้ผลงานสมบูรณ์ยิ่งขึ้น	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์ฯ

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ผู้สอน	ผู้เรียน	สังคมคณาจารย์
<b>7. กระบวนการวัดประเมินผล (Evaluation)</b>			
7.1 ขั้นตอนการประเมินความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Assessment)			
สามารถวัดประเมินความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ก่อนเรียน และหลังเรียนได้	สามารถวัดประเมินความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ก่อนเรียน และหลังเรียนได้	สามารถวัดประเมินความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ก่อนเรียน และหลังเรียนได้	สามารถวัดประเมินความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ก่อนเรียน และหลังเรียนได้
7.2 ขั้นตอนประเมินผลงานสร้างสรรค์ (Product Creative Assessment)			
สามารถวัดประเมินผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียน ได้	ผู้สอนใช้แบบวัดผลงานสร้างสรรค์ เป็นแบบวัดรูบรีคจำนวน 10 หัวข้อ รายการประเมิน คะแนนเต็ม 30 คะแนน ประเมินผลใน 5 ระดับ	ผู้เรียนส่งผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้น	ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว บนสังคมคณาจารย์ แบบวัดผลงานสร้างสรรค์

## บทที่ 6

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะในการวิจัยเรื่องระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ (2) เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ (3) เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ประกอบด้วย 6 ข้อ คือ (3.1) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (3.2) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (3.3) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง (3.4) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75) (3.5) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ (ร้อยละ 75) (3.6) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ในบทนี้ผู้วิจัยขอเสนอสรุปผลการวิจัยโดยมีหัวข้อดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

6.2 อภิปรายผล

6.3 ข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้สรุปสาระสำคัญของการวิจัยและนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

6.1.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ประกอบด้วย

6.1.1.1 สังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์จากเอกสาร ตำรา งานวิจัย บทความและวิทยานิพนธ์ระดับคุณวุฒิบัณฑิตทั้งในประเทศและต่างประเทศ

6.1.1.2 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ หลังจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาข้อมูลและสังเคราะห์ข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย 7 กระบวนการ 22 ขั้นตอน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการประเมินส่วนประกอบในงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1.1.2.1 การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.54$ , S.D. = 0.49)

6.1.1.2.2 การประเมินคุณภาพของแผนการสอนสำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่ามีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.49)

6.1.1.2.3 การประเมินคุณภาพของเนื้อหาสำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่ามีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.49)

6.1.1.2.4 การประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์สำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่ามีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.61$ , S.D. = 0.47)

6.1.2 เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้นำระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตไปนำเสนอเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ประเมินระบบ ซึ่งผลการประเมินพบว่ามีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.51$ , S.D. = 0.48) แสดงว่าผู้วิจัยสามารถนำแผนการสอนนี้ไปใช้ในกระบวนการต่อไปได้

6.1.3 เพื่อศึกษาผลการใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ประกอบด้วย 5 ข้อดังนี้

6.1.3.1 ผลการเปรียบเทียบกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน ( $\bar{X} = 54.975$ ) ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ( $\bar{X} = 55.125$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.1.3.2 ผลการเปรียบเทียบกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน

( $\bar{X}$  = 81.850) มากกว่าก่อนเรียน ( $\bar{X}$  = 54.975) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน = 26.875 คะแนน

6.1.3.3 กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุม ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน ( $\bar{X}$  = 81.850) มากกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{X}$  = 59.225) = 22.625 คะแนน และกลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียน ( $\bar{X}$  = 77.775) มากกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{X}$  = 60.875) = 16.900 คะแนน

6.1.3.4 ผลการเปรียบเทียบกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 75) พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน ( $\bar{X}$  = 81.850) มากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์ = 6.850 คะแนน

6.1.3.5 ผลการเปรียบเทียบกลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 75) พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียน ( $\bar{X}$  = 77.775) มากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์ = 2.775 คะแนน

## 6.2 อภิปรายผล

การวิจัยเรื่องระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ มีประเด็นหลักที่นำมาอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

6.2.1 รูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนคือ 1. การแบ่งกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ (Jigsaw Group) 2. การสร้างจินตนาการ (Imagination) 3. การออกแบบ (Design) 4. การพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Development) 5. การนำเสนอ (Presentation) 6. การปรับปรุง (Improvement) และ 7. การประเมินผล (Evaluation) โดยผลการประเมินรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.54, S.D. = 0.49) ทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยได้นำจุดเด่นของทฤษฎีในการเรียนรู้ทั้ง 3 ทฤษฎี มาเป็นแนวทางในการสร้างรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ คือ 1. ทฤษฎีในการเรียนรู้ด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 (Jigsaw Technique 2) เป็นแนวคิดของ Aronson (1970) มีจุดเด่นคือกระบวนการเรียนรูแบบทีม โดยผู้สอนจะจัดกลุ่มให้ผู้เรียนช่วยกันศึกษาและสร้างผลงานสร้างสรรค์ในแต่ละส่วน เพื่อนำมาประกอบเป็นผลงานสร้างสรรค์ที่สมบูรณ์

นอกจากนี้ผู้สอนจะประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่สมบูรณ์โดยใช้คะแนนกลุ่มเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และการทำงานเป็นทีมในการสร้างสรรค์ชิ้นงานร่วมกัน 2. ทฤษฎีการเรียนรู้จินตวิศวกรรม (Imagineering) เป็นแนวคิดของปรัชญนันท์ และปณิตา (2556) ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนแบบจินตวิศวกรรมมีจุดเด่น เพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาคุณลักษณะเฉพาะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะผู้เรียนในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์จำเป็นต้องมีการบูรณาการโดยเน้นพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การออกแบบและการสร้างทักษะต่าง สิ่งเหล่านี้จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาจากโจทย์ด้วยตนเอง หรือร่วมกับผู้อื่นโดยการระดมสมอง รับฟังความคิดเห็นจากทีม และช่วยกันวิเคราะห์หาทางเลือกที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา มีการคิดวางแผน สร้างสรรค์ผลงานที่ได้ร่วมกันคิด มีการทดสอบผลงานที่สร้างขึ้น และปรับปรุงแก้ไขผลงานให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งกระบวนการเรียนรู้จินตวิศวกรรมจะส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมได้เป็นอย่างดี และ 3. ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) เป็นแนวคิดของ Tutorialspoint (2015) ซึ่งระบบสมองกลฝังตัวเป็นเทคโนโลยีในศตวรรษที่ 21 ที่สามารถตอบสนองการทำงานทั้งในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม โดยระบบสมองกลฝังตัวมีไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นหัวใจหลักในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ และจะทำหน้าที่รวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูลและโปรแกรมหรือพอร์ตหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผล โดยจะถูกบรรจุเข้าไปในตัวชิป จึงทำให้มีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวอยู่ 4 ขั้นตอนคือ 1. การประกอบชิ้นงาน (Assembling) 2. การเขียนโปรแกรม (Coding) 3. คอมไพล์เลอร์ (Compile) และ 4. การทดสอบ (Testing) จากข้อดีดังกล่าวมาจึงทำให้รูปแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาที่มีความสมบูรณ์แบบ โดยสามารถพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ และสามารถสร้างผลงานสร้างสรรค์ที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรมได้

6.2.2 การพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์มาพัฒนาเป็นระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยระบบจะประกอบด้วย 6 โมดูล ได้แก่ 1) โมดูลการจัดการผู้ใช้งานระบบ 2) โมดูลการบริหารจัดการเรียน 3) โมดูลการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัว 4) โมดูลแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ 5) โมดูลคะแนน และ 6) โมดูลรายงานผลการเรียน ซึ่งรองรับผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม คือผู้ดูแลระบบ ผู้สอน และผู้เรียน โดยผลการประเมินรูปแบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.51$ , S.D. = 0.48) ทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยได้นำจุดเด่น

ของทฤษฎีการพัฒนาาระบบทั้ง 3 ทฤษฎี มาเป็นแนวทางในการสร้างระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ คือ 1.ทฤษฎีวงจรการพัฒนา ระบบ (Software Development Life Cycle) แบบ Adapted Waterfall ซึ่งมีจุดดีคือ กระบวนการ ออกแบบระบบ SDLC แบบ Adapted Waterfall นี้จะมีความยืดหยุ่นมาก สามารถปรับปรุง แก้ไข และเพิ่มฟังก์ชันหรือโมดูลการทำงานได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับกระบวนการดำเนินงาน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ 1) การวิเคราะห์ 2) ออกแบบระบบ 3) การพัฒนา 4) การทดสอบ และ 5) การนำไปใช้ 2.ทฤษฎีสังคมคลาวด์ (Social Cloud) ซึ่งมีข้อดีในด้านการให้บริการ การใช้ทรัพยากร และการทำงานร่วมกันบนเครือข่ายสังคมโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในเครือข่ายสังคม ทั้งแบบเป็นรายบุคคลหรือแบบกลุ่ม ผ่านโปรแกรมสื่อสังคมคลาวด์ เช่น Google Apps Facebook Line Youtube Thinkercad Arduino Project Hub และ Arduino Web Editor และ 3. ทฤษฎี การประเมินระบบแบบแบล็คบ็อกซ์ (Black-Box Testing) ซึ่งมีข้อดี คือเป็นการทดสอบในระดับ อินเทอร์เน็ตของซอฟต์แวร์โดยจะทำการตรวจสอบแง่มุมพื้นฐานบางส่วนของระบบ (รังสิต, 2555) ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ประกอบด้วยเครื่องมือที่อำนวยความสะดวกและสามารถรองรับการใช้งานของผู้ดูแลระบบ ผู้เรียน ผู้สอน โดยระบบนี้จะช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ร่วมกัน มีส่วนร่วมในการระดมสมอง การกำหนดจินตนาการที่เกี่ยวกับผลงานร่วมกันผ่านการสื่อสาร การวิเคราะห์ ความเป็นไปได้ของผลงานที่ได้ร่วมกับออกแบบสร้างสรรค์โดยแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ของผู้เรียนผ่านระบบ นอกจากนี้ระบบยังสามารถจำลองห้องปฏิบัติการเสมือนจริงให้ผู้เรียนสามารถออกแบบจำลองการทำงานของผลงานสร้างสรรค์ โดยการเขียนโปรแกรม ทดสอบผลการทำงานของ ชิ้นงาน และปรับปรุงแก้ไขผลงานให้สมบูรณ์ ก่อนที่ผู้เรียนจะนำไปเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์บน ระบบและนำไปประมวลผลบนอุปกรณ์ให้สามารถทำงานได้จริง จากข้อดีของระบบการเรียนรู้ วิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ดังที่กล่าวมานี้ จึงทำให้ระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างสมบูรณ์แบบ สามารถพัฒนาให้ผู้เรียน เกิดความคิดสร้างสรรค์และตอบโต้กับความต้องการของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้ยังสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ทุกที่ ทุกเวลา อำนวยความสะดวกให้ศึกษาค้นคว้า ตามความสามารถและศักยภาพของผู้เรียน โดยใช้การเรียนรู้แบบกลุ่มเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ สร้างสรรค์ผลงานที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรมได้

6.2.3 เพื่อศึกษาผลการใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิด สร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ประกอบด้วย 6 ข้อดังนี้

6.2.3.1 ผลการเปรียบเทียบกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน

ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับบอร์ธิตาและอุทิส (2017) ทำวิจัยเรื่องการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดริเริ่มด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดของสะเต็มศึกษาโดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน พบว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความสามารถที่เท่าเทียมกัน

6.2.3.2 ผลการเปรียบเทียบกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าการเรียนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมนาวัตที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนาในเรื่องความคิดสร้างสรรค์เพราะกระบวนการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม และการเรียนรู้แบบกลุ่มด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์บนสังคมนาวัตเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Susan et al. (2016) พบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบออนไลน์ โดยใช้การเรียนการสอนจินตวิศวกรรมมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

6.2.3.3 ผลการเปรียบเทียบกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุม ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับแนวคิดของบริษัท AULVE ที่เกี่ยวกับการออกแบบความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อสร้างมูลค่าของสินค้า และแนวคิด Besemer and Treffinger (1981) ที่เสนอรูปแบบสามมิติของความคิดสร้างสรรค์ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ข้อคือ 1. ความแปลกใหม่ (Novelty) 2. ความละเอียด (Resolution) และ 3. ความประณีตและการสังเคราะห์ (Elaboration and Synthesis) กับสุวิมล (2547) ที่กล่าวเกี่ยวกับคุณภาพของกระบวนการทำงานส่งผลให้เกิดคุณภาพของผลงาน ซึ่งประกอบด้วย 1. คุณภาพของผลงาน 2. ปริมาณงาน 3. ความปลอดภัยของผลงาน และ 4. ความสิ้นเปลือง/ผลเสีย โดยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝั่งตัวบนสังคมนาวัตที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนาในเรื่องความคิดสร้างสรรค์ ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้สร้างผลงานสร้างสรรค์มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของสิทธิชัย (2557) ได้ทำวิจัยระบบการเรียนรู้ร่วมกันด้วยทีมเสมือนจริงในสภาพแวดล้อมการเรียนแบบภควันตภาพโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และพบว่านักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการสอนที่พัฒนามีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และสอดคล้องกับบอร์ธิตาและคณะ (2560) ทำงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาในการพัฒนาความสามารถทางปัญญาที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ด้วยเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และการระดมสมอง

โดยผลการวิจัยพบว่านักศึกษากลุ่มทดลองมีผลงานสร้างสรรค์มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.2.3.4 ผลการเปรียบเทียบกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์ ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทำให้นักศึกษามีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนได้เพราะกระบวนการเรียนรู้ด้วยระบบดังกล่าวจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ ซึ่งเป็นการขยายแนวความคิดของผู้เรียนให้เพิ่มขึ้น โดยผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปสร้างสรรค์ผลงานโดยใช้โปรแกรมบนสังคมนาฬิกาที่สามารถสร้างแบบจำลองผลงานสร้างสรรค์ด้วยจินตนาการของผู้เรียนที่ได้ออกแบบไว้ให้สามารถใช้งานได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติที่ต้องการให้นักศึกษามีผลการเรียนมากกว่าร้อยละ 75 เพื่อให้เกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนรู้ในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษา นอกจากนี้ความคิดสร้างสรรค์จะส่งผลให้นักศึกษาสามารถสร้างสรรค์ผลงานหรือสิ่งประดิษฐ์ได้ ซึ่งนโยบายนี้มีความสอดคล้องกับกับเอกลักษณ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่ว่า “มจพ. คือมหาวิทยาลัยแห่งการสร้างสรรค์ประดิษฐ์กรรมสู่นวัตกรรม” (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2018) โดยเอกลักษณ์ดังกล่าวสามารถตอบสนองนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ที่มุ่งเน้นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (สุวิทย์, 2559)

### 6.3 ข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษา เรื่องระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

#### 6.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

6.3.1.1 สถาบันการศึกษาต้องจัดเตรียมความพร้อมที่เกี่ยวกับอุปกรณ์และเครื่องมือเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนได้แก่ ห้องเรียนและห้องปฏิบัติการที่มีความเหมาะสมและเพียงพอกับการทำกิจกรรมกลุ่ม ทั้งด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์และโครงสร้างพื้นฐานเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีประสิทธิภาพ เพื่อสามารถรองรับการเรียนการสอนผ่านระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3.1.2 ผู้บริหารต้องมีนโยบายส่งเสริมสนับสนุนให้รายวิชาที่สอนมีกระบวนการเรียนการสอนที่แบบ Active Learning และการเรียนรู้ร่วมกันแบบกลุ่ม ที่เน้นให้เกิดผลลัพธ์ของการเรียนรู้

ที่เห็นเป็นรูปธรรมเช่น สามารถสร้างสรรค์ ผลงานประดิษฐ์ นวัตกรรม ตลอดจนต้องสนับสนุนให้มีกิจกรรมประกวด แข่งขัน ทั้งภายใน และภายนอกสถานศึกษา

6.3.1.3 ผู้สอนต้องเชื่อมโยงและบูรณาการความรู้ต่าง ๆ ในรายวิชาอื่น ในภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานเป็นทีม และทักษะการสร้างนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง

#### 6.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

6.3.2.1 มีการนำระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ไปใช้กับรายวิชาอื่น ๆ ที่เน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ทางด้านทฤษฎี และเกิดทักษะทางด้านปฏิบัติ อาทิเช่น วิชาวงจรไฟฟ้า วิชาดิจิทัลและการออกแบบ วิชาคอมพิวเตอร์ โปรแกรมมิ่ง วิชาออกแบบหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ

6.3.2.2 มีการศึกษาทักษะของผู้เรียนในด้านอื่น ๆ ที่เกิดจากการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ เช่น ทักษะในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ทักษะการทำงานเป็นทีม (Team work Skill) และทักษะสร้างนวัตกรรม (Innovation Skill) เป็นต้น

6.3.2.3 มีการนำระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในบริบทอื่น ๆ เช่นสำหรับนักศึกษาในระดับมัธยมศึกษานำไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ โดยบูรณาการร่วมกับรายวิชาที่ฝึกปฏิบัติให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ผลงานโดยใช้โรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Laboratory) และในระดับอาชีวศึกษา สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาที่เน้นให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ใหม่ ๆ โดยใช้สังคมนาฬิกาฝึกปฏิบัติสร้างชิ้นงาน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศตามนโยบายไทยแลนด์ 4.0 อย่างยั่งยืนได้

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

- กนกรัตน์ จิรส์จามกุล, เมธิยา แยมแจริญกิจ และปรัชญนันท์ นิลสุข. (2016). “การเปรียบเทียบการเรียนรู้อย่างเป็นระบบกับการเรียนรู้แบบจิตวิศกรรมของนักศึกษาปริญญาตรีสาขาทางด้านคอมพิวเตอร์ 3 คณะวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.” *Journal of Thai Interdisciplinary Research*. Vol.11 No.1 :14-20.
- กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2559). [ออนไลน์]. **แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ปี พ.ศ. 2559 ของประเทศไทย**. [สืบค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2559]. จาก <https://www.dga.or.th/th/profile/2008/>
- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2559). [ออนไลน์]. **ยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมไทย 4.0 ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579)**. [สืบค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2559]. จาก [http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/industry\\_plan/thailandindustrialdevelopmentstrategy4.0.pdf](http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/industry_plan/thailandindustrialdevelopmentstrategy4.0.pdf)
- กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย. (2560). [ออนไลน์]. **ความคิดสร้างสรรค์สร้างได้**. [สืบค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2559]. จาก <http://touchpoint.in.th/creative-thinking-making/>
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). “การทดสอบประสิทธิภาพ สื่อหรือ ชุด การสอน [Developmental Testing of Media and Multi-Media Instructional Packages].” **วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย**. ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2556) : 7-20.
- ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. (2546). **ความคิดสร้างสรรค์**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชามาศ ดิษฐเจริญ และปริญญา หนันชัยบุตร. “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงการตามแนวสตรีคชั่นนิซิมในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์.” *Panyapiwat Journal*. Vol.5 No.2 : 205-216.
- ดวงพร วิษเณศ. (2558). “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชาองค์ประกอบศิลป์ 1 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี.” *Veridian E-Journal, Silpakorn University*. Vol.8 No.1 : 201-214.

ภาคผนวก ก  
ข้อมูลผู้เชี่ยวชาญ

### รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ก-1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบน  
สังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

ชื่อ -นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงานที่สังกัด
รศ.อุดม จินประดับ	ผู้อำนวยการ	สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รศ.ดร.ชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล	รองผู้อำนวยการฝ่ายวิจัยและ พัฒนามาตรฐานอุตสาหกรรม	สำนักพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รศ.ดร.ชูพันธ์ รัตนโกศา	ผู้อำนวยการ	สำนักคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีเพื่อ สารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.สุพจน์ จันทร์วิพัฒน์	คณบดี	บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รศ.ดร.เฉลิมชาติ มานพ	อาจารย์ประจำ	ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.พงศธร ชมทอง	อาจารย์ประจำ	ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.มณฑิร รัตนศิริวงศ์วุฒิ	หัวหน้าภาคการจัดการ เทคโนโลยีสารสนเทศ	คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

## รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ก-2 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพแผนการเรียนการสอนสำหรับระบบการเรียนรู้  
วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

ชื่อ -นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงานที่สังกัด
รศ.ดร.ธนะศักดิ์ พันธุ์ประสิทธิ์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รศ.ดร.พงศธร ชมทอง	อาจารย์ประจำ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.เฉลิมชาติ มานพ	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.กฤษณ์ เสมอพิทักษ์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ ดร.อภิณัย ฤกษ์รัตน์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ก-3 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพเนื้อหาสำหรับการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์

ชื่อ -นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงานที่สังกัด
รศ.ดร.ธนะศักดิ์ พันธุ์ประสิทธิ์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รศ.ดร.พงศธร ชมทอง	อาจารย์ประจำ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รศ.ดร.เฉลิมชาติ มานพ	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.กฤษณ์ เสมอพิทักษ์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ ดร.อภิณัย ฤกษ์รัตน์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ก-4 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์สำหรับการเรียนการสอน  
ด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์  
และผลงานสร้างสรรค์

ชื่อ -นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงานที่สังกัด
รศ.ดร.ชนะศักดิ์ พันธุ์ประสิทธิ์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รศ.ดร.พงศธร ชมทอง	อาจารย์ประจำ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.เฉลิมชาติ มานพ	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.กฤษณ์ เสมอพิทักษ์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ ดร.อภินัย ฤกษ์รัตน์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ ก-5 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ของระบบการเรียนการสอน  
ด้วยระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์  
และผลงานสร้างสรรค์

ชื่อ -นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงานที่สังกัด
ผศ.ฤทธิธูธ ภูวพัฒน์	รองคณบดีฝ่ายกิจการ นักศึกษา	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
ดร.ธัญธรณ์ อมรกิจภิญโญ	เจ้าหน้าที่	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ
นายสันติ โสภประดิษฐ์	อาจารย์ประจำ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาเขารั้วอีสท์บางกอก
นางสาวอาทิตย์ยา ชาวเชียงขวาง	อาจารย์ประจำ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาเขารั้วอีสท์บางกอก
นางสาวรจนา เจริญสุข	ผู้จัดการด้านไอที	บริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารกว้างไพศาล จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ ก-6 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพของระบบการเรียนการสอนด้วยระบบ  
การเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาวัตเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และ  
ผลงานสร้างสรรค์

ชื่อ -นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงานที่สังกัด
รศ.ดร.ชนะศักดิ์ พันธุ์ประสิทธิ์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รศ.ดร.พงศธร ชมทอง	อาจารย์ประจำ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย เทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.เฉลิมชาติ มานพ	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.กฤษณ์ เสมอพิทักษ์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ ดร.อภินัย ฤกษ์รัตน์	อาจารย์ประจำ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม โทร. ๓๒๗๒

ที่ ศศ ๖๔๖ /๒๕๕๘

วันที่

๖ พฤศจิกายน ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์อุดม จีนประดับ

ด้วย นายสถาพร อยู่สมบูรณ์ นักศึกษาหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์” โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัลลภ พิริยะสุวรรณค์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ในกรณีนี้ นักศึกษามีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือการวิจัย โดยนักศึกษาขอติดต่อประสานงานในรายละเอียดโดยตรงด้วยตนเอง ทั้งนี้จะนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงเพื่อให้ได้เครื่องมือการวิจัยที่เหมาะสม สำหรับประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นเชี่ยวชาญ จะขอบคุณยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระศักดิ์ วิตตะ)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาคผนวก ข  
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ Independent t test ตามสมมติฐานข้อ 1 คือกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

#### Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
think_pre	80	46.00	62.00	55.0500	3.19770
Valid N (listwise)	80				

#### Group Statistics

กลุ่ม		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
think_pre	ทดลอง	40	54.9750	2.41244	.38144
	ควบคุม	40	55.1250	3.85764	.60995

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
think_pre	Equal variances assumed	13.808	.000	-.209	78	.835	-.15000	.71940	-1.58221	1.28221
	Equal variances not assumed			-.209	65.458	.835	-.15000	.71940	-1.58654	1.28654

ผลการวิเคราะห์ Paired Sample t test ตามสมมติฐานข้อ 2 คือกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	think_post	81.8500	40	3.87331	.61242
	think_pre	54.9750	40	2.41244	.38144

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	think_post & think_pre	40	.639	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	think_post - think_pre	26.87500	2.98017	.47121	25.92190	27.82810	57.034	39	.000

ผลการวิเคราะห์ One way MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) ตามสมมติฐานข้อ 3 คือกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุม

#### Between-Subjects Factors

		Value Label	N
กลุ่ม	1.00	ทดลอง	40
	2.00	ควบคุม	40

#### Descriptive Statistics

กลุ่ม		Mean	Std. Deviation	N
think_post	ทดลอง	81.8500	3.87331	40
	ควบคุม	59.2250	3.25409	40
	Total	70.5375	11.92587	80
product	ทดลอง	77.7750	1.71700	40
	ควบคุม	60.8750	2.00240	40
	Total	79.3250	4.38575	80

#### Box's Test of Equality of Covariance Matrices<sup>a</sup>

Box's M	3.156
F	1.023
df1	3
df2	1095120.000
Sig.	.381

Tests the null hypothesis that the observed covariance matrices of the dependent variables are equal across groups.

a. Design: Intercept + กลุ่ม

Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>

	F	df1	df2	Sig.
think_post	1.434	1	78	.235
product	1.654	1	78	.202

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + กลุ่ม

Bartlett's Test of Sphericity<sup>a</sup>

Likelihood Ratio	.000
Approx. Chi-Square	30.590
df	2
Sig.	.000

Tests the null hypothesis that the residual covariance matrix is proportional to an identity matrix.

a. Design: Intercept + กลุ่ม

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	think_post	10237.813 <sup>a</sup>	1	10237.813	800.090	.000
	product	1248.200 <sup>b</sup>	1	1248.200	358.797	.000
Intercept	think_post	398043.113	1	398043.113	31107.244	.000
	product	436010.450	1	436010.450	125331.915	.000
กลุ่ม	think_post	10237.813	1	10237.813	800.090	.000
	product	1248.200	1	1248.200	358.797	.000
Error	think_post	998.075	78	12.796		
	product	271.350	78	3.479		
Total	think_post	409279.000	80			
	product	437530.000	80			
Corrected Total	think_post	11235.888	79			
	product	1519.550	79			

a. R Squared = .911 (Adjusted R Squared = .910)

b. R Squared = .821 (Adjusted R Squared = .819)

ผลการวิเคราะห์ One Sample t test ตามสมมติฐานข้อ 4 คือกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

#### One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
think_pos t	40	81.8500	3.87331	.61242

#### One-Sample Test

	Test Value = 75					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
think_post	11.185	39	.000	6.85000	5.6113	8.0887

ผลการวิเคราะห์ One Sample t test ตามสมมติฐานข้อ 4 คือกลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

#### Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
product	80	67.00	81.00	73.8250	4.38575
Valid N (listwise)	80				

#### Group Statistics

กลุ่ม	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
product	ทดลอง	77.7750	1.71700	.27148
	ควบคุม	69.8750	2.00240	.31661

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
product	Equal variances assumed	1.654	.202	18.942	78	.000	7.90000	.41706	7.06969	8.73031
	Equal variances not assumed			18.942	76.226	.000	7.90000	.41706	7.06938	8.73062

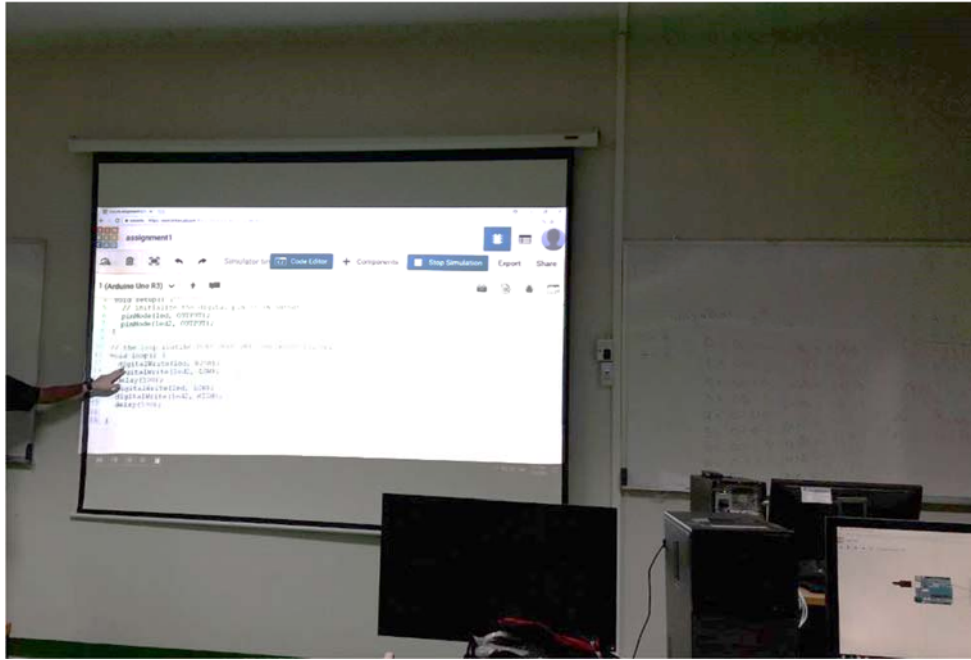
ภาคผนวก ค  
ภาพการทดลอง



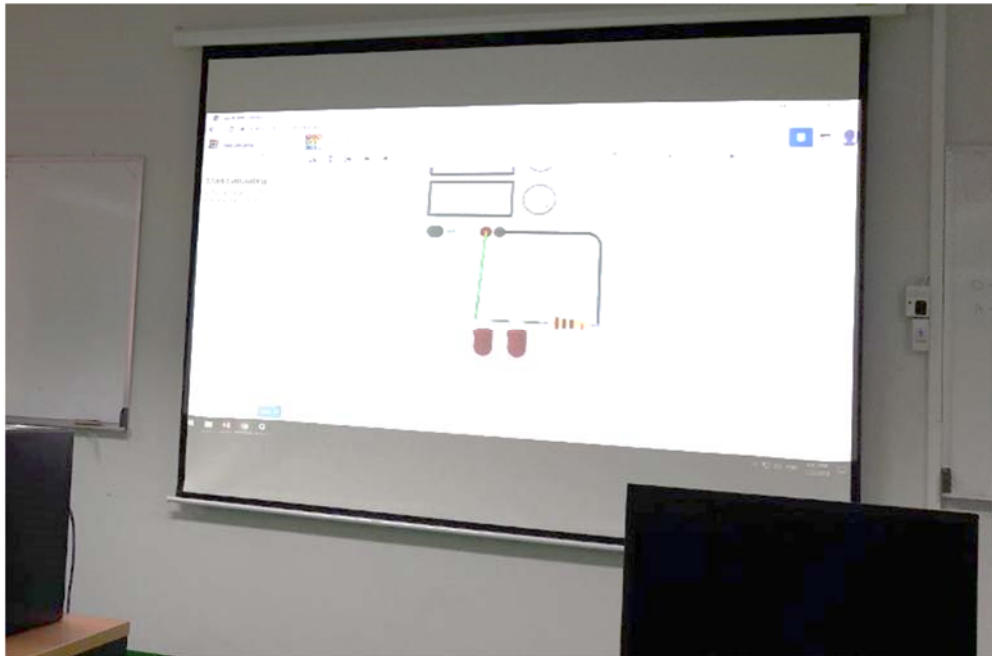
ภาพที่ ค-1 การทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน



ภาพที่ ค-2 การสร้างแบบจำลอง



ภาพที่ ค-3 การแนะนำขั้นตอนการเขียนโปรแกรม



ภาพที่ ค-4 การแนะนำขั้นตอนการต่อวงจร



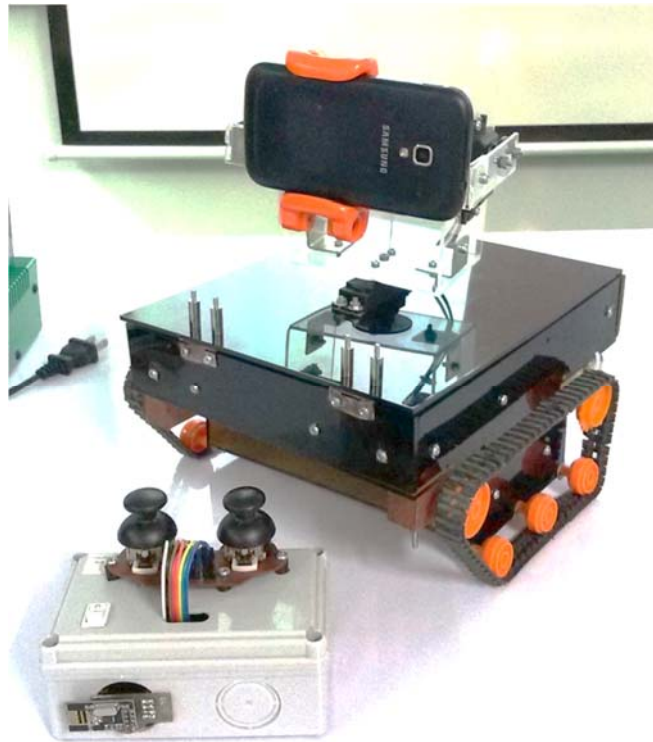
ภาพที่ ค-5 การศึกษาเนื้อหาบทเรียน



ภาพที่ ค-6 บรรยากาศในห้องเรียน



ภาพที่ ค-7 ตัวอย่างผลงานสร้างสรรค์ 1



ภาพที่ ค-8 ตัวอย่างผลงานสร้างสรรค์ 2

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายสถาพร อยู่สมบุญ  
ชื่อวิทยานิพนธ์ : ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมนาฬิกาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์  
และผลงานสร้างสรรค์  
สาขาวิชา : เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา

### ประวัติ

#### ประวัติการศึกษา :

พ.ศ. 2547 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยี  
อิเล็กทรอนิกส์ แขนงคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
พระนครเหนือ

พ.ศ. 2550 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชา  
เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร  
เหนือ

#### ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2561 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือวิทยาเขต  
ระยอง

พ.ศ. 2561 รักษาการผู้ช่วยคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษาและประชาสัมพันธ์ คณะวิศวกรรม  
ศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือวิทยาเขตระยอง

พ.ศ. 2559 - 2561 ประธานสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือวิทยาเขต  
ระยอง

พ.ศ. 2558 - 2559 รักษาการประธานสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือวิทยาเขต  
ระยอง

พ.ศ. 2557 - 2558 ผู้ช่วยประธานสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือวิทยาเขต  
ระยอง

สถานที่ติดต่อปัจจุบัน

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
วิทยาเขตระยอง เลขที่ 19 หมู่ 11 ต.ละลอก อ.บ้านค่าย จ.ระยอง รหัสไปรษณีย์ 21120

E-mail : sathaporn.y@eat.kmutnb.ac.th

ผลงานทางวิชาการ :

สถาพร อยู่สมบุญ และปณิตา วรรณพิรุณ. (2556). **การออกแบบสื่อการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงในสภาพแวดล้อมทางการเรียนแบบยูบิควิตัสเพื่อลดภาระทางปัญญาของผู้เรียน**. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านอีเลิร์นนิง National e-Learning Conference 2013: Strengthening Learning Quality: Bridging Engineering and Education (NEC2013), 5-6 สิงหาคม, 120-125.

สถาพร อยู่สมบุญ. (2557). “ระบบการวางแผนทรัพยากรขององค์กรบนคลาวด์คอมพิวเตอร์” **วารสารการอาชีพและเทคโนโลยีศึกษา** ปีที่ 4 ฉบับที่ 8 กรกฎาคม-ธันวาคม 51-56.

Sathaporn Yoosomboon and Panita Wanapiroon (2014). Development of a Challenge Based Learning Model via Cloud Technology and Social Media For Enhancing Information Management Skills. **Social and Behavioral Sciences** Vol. 174, 2102-2107.

Sathaporn Yoosomboon and Namon Jeerungsuwan (2015). **Development of a Collaborative Learning with Problem-Based Process Learning via Virtual Classroom on Cloud Technology to Enhance Information and Communication Technology Literacy**. The Sixth TCU International E-Learning Conference 2015 : Global Trends in Digital Learning (IEC 2015). July 20-21, 2015. BITEC, Thailand.

Sathaporn Yoosomboon and Pallop Piriyasurawong (2017). “Design of an Embedded Engineering Learning on Social Cloud Model to Enhance Creative Thinking and Creative Product.” **International Journal of Online Engineering (iJOE)**, 13(01), pp. 33-41