# รายงานการวิจัย

การพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานเพื่อประเมินพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน รายวิชา การวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม

Portfolio Development for Learning Development Assessment of Students Taught by Constructionism Approach in Industrial Control and Measurement Course

ดร.วิชาญ เพ็ชรทอง

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณ กองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พ.ศ. 2559

**ชื่องานวิจัย** การพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานเพื่อประเมินพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานรายวิชา การวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม

**ผู้วิจัย** ดร.วิชาญ เพ็ชรทอง

**คณะ** เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

**ปี** 2559

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานและวิเคราะห์พัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเรียกว่า ICAE model ประกอบด้วยขั้นแนะนำ (Information) ขั้นสร้างความรู้ (Knowledge Construction) ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Application) และขั้นประเมินผล (Evaluation) เครื่องมือสำหรับการวิจัยประกอบด้วย หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ สื่อการเรียนการสอน แบบประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษาและด้านวิศวกรรมทั้งหมดจำนวน 9 คน ผลการวิเคราะห์พัฒนาการกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยใช้แบบประเมินกระบวนการทำงานจากการเรียนการสอน 4 ช่วง พบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการกระบวนการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับดี ผลการวิเคราะห์กระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียน พบว่า เกณฑ์การประเมินซึ่งมีองค์ประกอบคือ การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ การวางแผนการลงมือปฏิบัติ การลงมือปฏิบัติ และการสรุปผลตามเป้าหมายการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้การสร้างชิ้นงานอย่างเป็นระบบ

**Research Title** Portfolio Development for Learning Development Assessment of Students Taught by Constructionism Approach in Industrial Control and Measurement Course

**Researcher** Dr.Wichan Pettong

**Faculty** Industrial Technology

**Year** 2016

## Abstract

The purposes of this study were to conduct portfolio development process and to examine students' learning development according to constructionism approach. ICAE model was introduced and employed in this study. Four learning steps of the model were Information, Knowledge Construction, Application, and Evaluation. Research instruments used in this study were integrated learning units, instructional media, and scoring rubrics. The instruments were validated by nine experts in education and engineering. According to the data analysis of the four learning steps, it was found that the students' learning development was at a relatively high level. Moreover, the data suggests that the scoring criteria, which consist of setting learning goals, action planning, operating, and assessing learning objectives, systematically improved students' learning development.

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ นอกเหนือจากผู้วิจัยใช้เวลากับการจัดการเรียนการสอนและการทำวิจัยแล้ว ผู้วิจัยยังได้มีโอกาศทำความรู้จักกับผู้เรียนที่ประสบปัญหาและอุปสักในการเรียน ทั้งปัญหาครอบครัว ปัญหายาเสพติด ผู้วิจัยมีความภาคภูมิใจอยากยิ่ง ที่ได้เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนเหล่านั้น ได้ก้าวผ่านปัญหาและอุปสักต่าง ๆ โดยเฉพาะปัญหาเรื่องยาเสพติด ผู้วิจัยได้มีโอกาศเข้าถึงครอบครัวผู้เรียนและช่วยชี้แนะแนวทางการทำกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนกลับมาใช้ชีวิตในสังคมเป็นปกติ และเป็นผู้นำในการทำกิจกรรมเพื่อสังคม

ณ โอกาสนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้

วิชาญ เพ็ชรทอง

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มิถุนายน 2560

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ข |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบัญตาราง | ซ |
| สารบัญภาพ | ฌ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 4 |
| 1.3 ประโยชน์ของการวิจัย | 4 |
| 1.4 ขอบเขตของการวิจัย | 4 |
| 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ | 5 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 7 |
| 2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้กับวิวัฒนาการของการสอน | 7 |
| 2.2 ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน (Constructionism) | 14 |
| 2.3 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน | 19 |
| 2.4 การพัฒนาเนื้อหาแบบบูรณาการ | 26 |
| 2.5 การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) | 29 |
| 2.6 เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System Technology) | 31 |
| 2.7 สรุปการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 37 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย | 40 |
| 3.1 ขั้นวิเคราะห์ (Analysis) | 40 |
| 3.2 ขั้นออกแบบ (Design) | 47 |
| 3.3 ขั้นพัฒนา (Development) | 51 |
| 3.4 ขั้นนำไปใช้ (Implement) | 52 |
| 3.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) | 57 |
| 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ | 57 |

**สารบัญ (ต่อ)**


| | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 4 ผลการวิจัย | 60 |
| 4.1 ผลการพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียน | 60 |
| 4.2 ผลการศึกษาพัฒนาการกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน | 61 |
| บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ | 69 |
| 5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย | 69 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 70 |
| บรรณานุกรม | 73 |
| ภาคผนวก ก | 85 |
| รายการหัวข้อที่ทำการวิจัย (Topic Listing Sheet) | |
| รายการประเมินค่าความสำคัญของหัวเรื่อง (Topic Detailing Valuation Sheet) | |
| รายการหัวข้อย่อยที่ทำวิจัย (Sub-Topic Listing Sheet) | |
| การประเมินค่าความสำคัญของหัวเรื่อง (Topic Detailing Valuation Sheet) | |
| วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Object Analysis Listing Form) | |
| การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ (Object Analysis Listing Form) | |
| ภาคผนวก ข | 109 |
| ตัวอย่างคู่มือผู้เรียน | |
| ภาคผนวก ค | 133 |
| แบบสอบถามและแบบประเมิน | |
| ภาคผนวก ง | 159 |
| การติดตั้งโปรแกรม RapSTM32 Blockset | |
| โปรแกรมระบบควบคุมความเร็ว DC Motor | |
| โปรแกรมระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor | |
| โปรแกรมระบบควบคุมอุณหภูมิ | |
| การตอวงจรชุดทดลอง | |
| ประวัติผู้วิจัย | 165 |


มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3-1 | ผลการศึกษาสภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนการสอนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี วิชาระบบควบคุม | 43 |
| 3-2 | ตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน | 44 |
| 3-3 | องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน | 44 |
| 3-4 | กิจกรรมขั้นแนะนำข้อมูล (Information) | 45 |
| 3-5 | กิจกรรมขั้นสร้างความรู้ (Knowledge Construction) | 46 |
| 3-6 | กิจกรรมขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Application) | 46 |
| 3-7 | กิจกรรมขั้นประเมินผล (Evaluation) | 47 |
| 3-8 | ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนและเครื่องมือสำหรับการวิจัย | 51 |
| 4-1 | การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน | 60 |
| ข-1 | รายการหัวข้อเรื่อง ((Topic Listing Sheet) | 88 |
| ข-2 | การประเมินค่าความสำคัญของหัวเรื่อง (Topic Detailing Valuation Sheet) | 89 |
| ข-3 | รายการหัวข้อเรื่องย่อย (Sub-Topic Listing Sheet) | 90 |
| ข-4 | การประเมินค่าความสำคัญของหัวเรื่องย่อย (Topic Detailing Valuation Sheet) | 94 |
| ข-5 | การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Object Analysis Listing Form) | 101 |
| ข-6 | การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ | 105 |
| ค-1 | สมการความสัมพันธ์ทางไฟฟ้าและทางกลของมอเตอร์ | 134 |
| ค-2 | การแปลงสมการความสัมพันธ์ทางไฟฟ้าและทางกลของมอเตอร์เป็นแผนภาพบล็อก | 134 |

**สารบัญภาพ**


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2-1 | พัฒนาการของทฤษฎีการเรียนรู้กับวิวัฒนาการของการสอน | 13 |
| 2-2 | กระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ADDIE Model | 25 |
| 2-3 | กระบวนการสร้างหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการเนื้อหา | 28 |
| 2-4 | กรอบแนวคิดการออกแบบแบบประเมินตามสภาพจริง | 31 |
| 2-5 | แผนภาพวงจรของ Fio บอร์ด รุ่น Fio Lite | 34 |
| 2-6 | คุณสมบัติของ Fio บอร์ด | 35 |
| 2-7 | โปรแกรม RapidSTM 32 Blockset | 36 |
| 2-8 | กลไกการทำงานของ Rapidstm 32 blockset | 36 |
| 3-1 | กระบวนการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ | 48 |
| 3-2 | ชุดทดลองการออกแบบและวิเคราะห์ตัวควบคุม PID | 48 |
| 3-3 | การวางแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ | 49 |
| 3-4 | ขั้นตอนการออกแบบแบบประเมินตามสภาพจริง | 50 |
| 3-5 | ผู้สอนแนะนำเนื้อหา เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องรู้และใช้ในการสร้างความรู้ | 53 |
| 3-6 | ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ในใบกิจกรรม | 54 |
| 3-7 | ผู้เรียนวางแผนการปฏิบัติด้วยตนเองในใบกิจกรรม | 54 |
| 3-8 | ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ | 55 |
| 3-9 | ผู้เรียนเขียนภาพอธิบายผลจากการลงมือปฏิบัติ | 55 |
| 3-10 | การประยุกต์ใช้ความรู้แก้ปัญหาจริงกับชุดทดลอง | 56 |
| 3-11 | ผู้เรียนสรุปผลการประยุกต์ใช้ความรู้แสดงให้เห็นการพัฒนาความรู้ใหม่จากความรู้เดิม | 56 |
| 3-12 | ผู้เรียนสรุปเรียบเรียงเขียนรายงานการปฏิบัติงาน | 57 |
| 4-1 | พัฒนาการกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนจากแบบประเมินตามสภาพจริง | 61 |
| 4-2 | ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้เรื่อง Encoder | 63 |
| 4-3 | ผู้เรียนวางแผนการลงมือทำด้วยตนเอง | 63 |
| 4-4 | ผู้เรียนการลงมือทำด้วยตนเอง | 64 |
| 4-5 | การบันทึกข้อมูลจากการลงมือทำ | 64 |
| 4-6 | การสรุปผลการเรียนรู้ของผู้เรียน | 65 |
| 4-7 | การเขียนรายงานการทดสอบตัวควบคุมแบบ P | 66 |

4-8 การเขียนรายงานสรุปกระบวนการทำงานของผู้เรียน 67
4-9 การออกแบบระบบความคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมแบบ PI 68
4-10 ผลการออกแบบระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมแบบ PI 68
ค-1 แผนผังการวางแผนการทดลอง 114
ค-2 วงจรสมมูล DC มอเตอร์ 115
ค-3 แผนภาพบล็อกสมการที่ (2) 116
ค-4 แผนภาพบล็อกสมการที่ (9) 116
ค-5 แผนภาพบล็อกสมการที่ (6) 117
ค-6 แผนภาพบล็อกสมการที่ (2) (6) (9) 117
ค-7 แผนภาพบล็อกสมการที่ (2) (4) (6) (9) 117
ค-8 สัญญาณ PWM 120
ค-9 โปรแกรม Target ทดสอบมอเตอร์ 120
ค-10 โปรแกรม Host ทดสอบมอเตอร์ 121
ค-11 ผลการทดสอบมอเตอร์ 121
ค-12 โปรแกรม Target เก็บข้อมูลของระบบ 122
ค-13 โปรแกรม Host เก็บข้อมูลระบบ 123
ค-14 การต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ 123
ค-15 ข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตของระบบ 124
ค-16 การเขียนโปรแกรม file scripts การเลือกเอาข้อมูลที่ช่วงเวลาเดียวกัน 124
ค-17 Curve Fitting Tool 125
ค-18 Data Sets 126
ค-19 ข้อมูลของระบบ 126
ค-20 Custom Equations 127
ค-21 ค่า $y_m$ และค่า a 127
ค-22 System Identification Tool 129
ค-23 Import Data 129
ค-24 ข้อมูลอินพุตและเอาต์พุต 130
ค-25 Process Models 130
ค-26 Import Models 131
ค-27 พารามิเตอร์ของสมการระบบ 131

ค-28 จำลองสมการฟังก์ชั่นโอนย้ายของมอเตอร์ 132
ค-29 ผลการจำลองสมการฟังก์ชั่นโอนย้ายของมอเตอร์ 132
ค-30 ขั้นตอนการลงมือปฏิบัติเรื่องแบบจำลองคณิตศาสตร์ 133
ค-31 แผนภาพบล็อก DC มอเตอร์ 135
ค-32 การจำลองระบบด้วยโปรแกรม Simulink 136
ค-33 ผลการจำลองฟังก์ชันโอนย้ายของมอเตอร์ 136
จ-1 Install_rapidstm32 166
จ-2 Rapidstm32 ในหน้าต่าง Libraries Simulink 166
จ-3 ทดสอบการเชื่อมต่อ 167
จ-4 หน้าต่าง Error ไม่พบบอร์ด 167
จ-5 โปรแกรม Target ของระบบควบคุมความเร็วและควบคุมระบบตำแหน่ง DC มอเตอร์ 168
จ-6 โปรแกรม Host ของระบบควบคุมความเร็ว DC มอเตอร์ 168
จ-7 โปรแกรม Host ของระบบควบคุมตำแหน่ง DC มอเตอร์ 168
จ-8 โปรแกรม Target ของระบบควบคุมอุณหภูมิ 169
จ-9 โปรแกรม Host ของระบบควบคุมอุณหภูมิ 169
จ-10 การต่อวงจรชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ 170
จ-11 การต่อวงจรชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิ 170

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจและสังคมส่งผลอย่างยิ่งต่อการศึกษาเพื่อให้รองรับกับการเปลี่ยนแปลง สามารถอธิบายให้เห็นชัดได้เมื่อย้อนไปถึงสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 (ค.ศ. 1939-1945) เทคโนโลยีเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการดำเนินสงคราม ทำให้เทคโนโลยีพัฒนาไปอย่างรวดเร็วเพื่อก่อให้เกิดการได้เปรียบในการรักษาผลประโยชน์ของชาติของตน (วรัท, 2549) เช่น การเปลี่ยนแปลงของหลอดสุญญากาศในยุคแรก ๆ ของคอมพิวเตอร์มาเป็นเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) อย่างที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และยังส่งผลเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนของเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) เทคโนโลยีทางด้านวัสดุ (Material Technology) เทคโนโลยีด้านพลังงานและการขับเคลื่อน (Energy and Propulsion Technology) เทคโนโลยีด้านขีดความสามารถของมนุษย์ (Human Performance Technology) และเทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) หลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 เทคโนโลยีเหล่านี้ได้ถูกนำมาพัฒนาต่อยอดและใช้กับกิจการที่หลากหลาย จนถึงปัจจุบันซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจการเมืองและสังคมโลก การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้จะส่งผลต่อการศึกษาอย่างไร หากทบทวนและเปรียบเทียบกับวิวัฒนาการด้านการสอน (ทิศนา, 2555) เริ่มจากยุคก่อนคริสต์ศตวรรษ 20 การสอนอยู่ในรูปแบบการครอบงำด้านจิตวิญญาณ การชักจูงโน้มน้าวจิตใจให้มีความเชื่อไปตามกัน และการปลูกฝังด้านการใช้ชีวิตการทำอาชีพ ต่อมาช่วงปลายคริสต์ศตวรรษที่ 20 การสอนได้เริ่มมีการพัฒนาขึ้นอย่างมีแบบแผนเรียนว่า “การสอน” (Teaching) และเมื่อวิทยาการทางด้านการศึกษาก้าวหน้าขึ้นตามลำดับ จอห์น ดิวอี้ (John Dewey) ได้นำเสนอแนวคิดการเรียนรู้จากการลงมือทำ (Learning by Doing) แนวคิดทางการสอนก็เริ่มเปลี่ยนมาเป็น “การเรียนการสอน” (Instruction) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงจากแนวคิดที่ครูเป็นศูนย์กลางการสอน มาเป็นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางแห่งการเรียนรู้ ต่อมาเมื่อเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตของมนุษย์และอุตสาหกรรมมากขึ้น จำเป็นต้องพัฒนาคนให้ก้าวทันกับเทคโนโลยีทำให้เกิดการสอนในลักษณะอบรม (Training) และการพัฒนาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน เช่น โปรแกรมสำเร็จรูป (Programmed Instruction) หลังจากนั้นมาวงการการศึกษาเกิดการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งเมื่อนักการศึกษาได้นำเสนอแนวคิดทฤษฎีการ

สร้างความรู้ (Constructivism) (Piaget, 1972) ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านการเรียนการสอนจากเดิม “ครูดำเนินการเรียนการสอน” ไปเป็น “ผู้เรียนสร้างความรู้” (Construction) สอดคล้องกับยุคปัจจุบัน “ความรู้และทักษะ แห่งศตวรรษที่ 21” เป็นโจทย์สำคัญที่นักการศึกษาทั่วโลกคาดหมายความต้องการของผู้เรียนในอนาคต และพยายามค้นหารูปแบบวิธีการจัดการศึกษา พัฒนารูปแบบการสอน วิธีการสอน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถ ทักษะ ความรู้และคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับการทำงานการใช้ชีวิตในศตวรรษที่ 21 (เจมส์ และรอน, 2556) สำหรับประเทศไทยหลังจากปฏิรูปการศึกษา 2542 การให้การศึกษาแก่ผู้เรียนยังไม่ได้ผลตามที่คาดหวัง เนื่องจากปัจจัยและองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการศึกษาที่เน้นการผลิตจำนวนมากทำให้ระบบการจัดการศึกษาแผ่กว้างออกไป การพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนที่ไม่เน้นการเกิดการเรียนรู้ของมนุษย์ แรงจูงใจ พฤติกรรม ความจำ หรือระดับการเรียนรู้ต่าง ๆ ของผู้เรียน (Vicheanpant, 2012) วิวัฒนาการการเรียนการสอนเปลี่ยนแปลงไปก็จริง แต่ครูยังมีความเคยชินกับการสอนในลักษณะที่ครูเป็นศูนย์กลาง ทำให้ลักษณะการจัดการเรียนการสอนที่มีอยู่ในปัจจุบัน เป็นวิธีการเรียนที่มุ่งเน้นการถ่ายทอดเนื้อหาวิชามากกว่าการเรียนรู้จากสภาพจริง ไม่เน้นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิดวิเคราะห์ การแสดงความคิดเห็น และการเรียนรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังขาดความเชื่อมโยงให้เหมาะสมกับบริบทและสภาพแวดล้อมในสังคม และลักษณะการใช้หลักสูตรยังมีข้อจำกัดหลายประการ ทั้งนี้การสอนแยกออกเป็นวิชาจะทำให้การเรียนรู้แยกเป็นส่วน ๆ ไม่สัมพันธ์หรือไม่สอดคล้องกับการใช้งานจริงของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมน้อย ส่วนใหญ่ผู้เรียนมักจะได้รับความรู้จากการเรียนในห้องเรียน ไม่มีโอกาสได้สัมผัสกับความเป็นจริงนอกห้องเรียน ทำให้ผู้เรียนไม่ตระหนักถึงความสำคัญของสิ่งที่เรียน (ประพันธ์, 2546) ยิ่งไปกว่านั้นหากพิจารณาดูการศึกษาของนักศึกษาในปัจจุบันจะพบว่า แท้จริงแล้วการศึกษาเป็นเหมือนกลไกการกวดวิชาสอบมากกว่าเป็นระบบการศึกษา กล่าวคือ นักศึกษาใช้เวลามากกว่าสิบชั่วโมงต่อวันกับการจำการทำความเข้าใจ และฝึกทำข้อสอบให้สามารถสอบผ่านในแต่ละรายวิชาซึ่งไม่เอื้อต่อการฝึกทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในชีวิตจริง (Paulo, 2556) จากการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวกับแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ และการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง พบว่า แนวคิดทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) เป็นทฤษฎีทางการศึกษาที่พัฒนาขึ้นโดยเพียเจต์ (1972) ซึ่งมีลักษณะการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญา (Cognitive Learning) และกล่าวถึงกระบวนการเรียนรู้และสร้างความรู้ตามพัฒนาการทางความคิดและการเรียนรู้ของผู้เรียน ต่อมาได้เพเพอร์ท (1993) ได้พัฒนาต่อยอดมาเป็นทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน (Constructionism) ด้วยความเชื่อที่ต่างกันตรงที่ เพียเจต์ เชื่อว่าผู้เรียนไม่สามารถสร้างความรู้จากเรื่องที่ซับซ้อนได้เมื่อยังไม่ถึงวัยที่เหมาะสม แต่ เพเพอร์ท มีความเชื่อว่าผู้เรียนสามารถ

สร้างความรู้เรื่องที่ซับซ้อนได้เมื่อได้รับการเรียนรู้จากเครื่องมือที่เหมาะสม (Guzdial, 1997) ดังนั้น ที่มาของทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานนี้ เกิดขึ้นเพื่อสื่อความหมายของคำสองคำ คำแรก คือคำว่า “คอนสตรัคติวิซึม” (Constructivism) ส่วนคำที่สองคือ “คอนสตรัคชัน เซท” (Construction Set) หรืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมา ดังนั้นคำว่า “คอนสตรัคชันนิซึม” (Constructionism) จึงหมายถึงทฤษฎีการศึกษาที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการเรียนรู้จากการสร้างหรือทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยตัวผู้เรียนเอง โดยมีลักษณะเป็นการสร้างความรู้สองส่วน คือ เมื่อผู้เรียนสร้างบางสิ่งบางอย่างออกมาเป็นชิ้นงานต่าง ๆ ผู้เรียนก็ได้สร้างความรู้ใหม่ไปด้วย Kafai and Resnick (1996) ได้กล่าวเกี่ยวกับทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานว่า เป็นการจัดการศึกษาที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมสร้างสรรค์ที่เป็นเสมือนเชื้อเพลิงที่นำไปสู่กระบวนการสร้างผลิตผลที่มีความหมายต่อตัวเอง โดยมีจุดเน้นที่ต่างจากทฤษฎีอื่นที่เน้นให้ความสำคัญกับศิลปะการสอนของผู้สอน แต่ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานให้ความสำคัญกับศิลปะการเรียนรู้ของผู้เรียน และเชื่อว่าผู้เรียนสามารถเรียนรู้ที่จะรู้สิ่งต่าง ๆ จากแนวทางที่หลากหลาย Guzdial (1997) ให้ความเห็นว่า การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานมีความเชื่อว่าการสร้างความรู้มี 2 ส่วนคือ เมื่อเด็กสร้างบางสิ่งบางอย่างออกมาเป็นผลงาน เด็กจะสร้างความรู้ใหม่ด้วยและความรู้ใหม่คือ ความคิด ที่จะช่วยให้เด็กนำไปสร้างสิ่งต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นและใช้ในการฟันฝ่าอุปสรรคและปัญหา ทำให้เกิดการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นไปด้วย และ สุชิน (2544) กล่าวถึงกรอบแนวคิดของทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานนั้น ได้รวมเอาความเชื่อเรื่องผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) เข้าไว้ แล้วเพิ่มส่วนที่เป็นการแสดงความรู้ออกมาให้ปรากฏ โดยการสร้างสิ่งที่เห็นได้แลกเปลี่ยนได้ แล้วใช้เป็นเป้าสำหรับใช้ในการคิดใหม่สร้างใหม่ เป็นกระบวนการต่อเนื่องไปไม่มีที่สิ้นสุด ซึ่งทำให้เกิดความชัดเจนในความหมายของการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีบทบาทอย่างแข็งขัน และเป็นการเรียนรู้ต่อเนื่องไปตลอดชีวิต จากการศึกษางานวิจัยทางด้านการศึกษา ที่นำแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและให้ความสำคัญกับการฝึกฝนให้มีความเข้าใจกระบวนการเรียนรู้ (Ruenglertpanyakul, Vicheanpant, Chanchaona, and Nantawisarakul, 2012; Martinez, Romero, Marquez, and Perez, 2010; Xiaoxiong, 2011; Frank, 2008) ซึ่งมีลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นจริงให้กับผู้เรียน การจัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะเป็นสหวิทยาการ การจัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะการทำงานเป็นทีม และการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ด้วยตนเอง การจัดกระบวนการที่ส่งเสริมการเรียนรู้ประกอบด้วย การเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ไปแล้วกับสิ่งที่กำลังเรียน การให้โอกาสผู้เรียนริเริ่มเรียนรู้จากสิ่งที่ตนเองสนใจ การสนับสนุนอย่างเพียงพอและเหมาะสมจากผู้สอน การเปิดโอกาสให้

มีการแลกเปลี่ยนความคิดและนำเสนอกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง และให้เวลาการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ มีวิธีการสอนประกอบด้วย การจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น และวิธีการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) และจากงานวิจัยดังกล่าวมีผลการวิจัยประกอบด้วย ทั้งผู้เรียนและผู้สอนมีทัศนคติที่ดีต่อการจัดการเรียนการสอน ผู้เรียนสามารถสร้างรูปแบบจำลองของกระบวนการทำงานจริงและเรียนรู้จากการสร้างรูปแบบจำลองนั้น ปลูกฝังวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ กระตุ้นความกระตือรือร้นและแรงจูงใจของผู้เรียน พัฒนาทักษะการเรียนรู้ และพัฒนาประสบการณ์ในการทำงานเป็นทีม อย่างไรก็ตามประเด็นสำคัญของการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองคือผู้เรียนสร้างความรู้จากกระบวนการสร้างชิ้นงาน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานเพื่อประเมินพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งด้านวิชาการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในรายวิชา การวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม (Industrial Control and Measurement) ของหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต (ทล.บ.) วิชาเอกเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

**1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1.2.1 เพื่อพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์พัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานจากการประเมินกระบวนการสร้างชิ้นงาน

**1.3 ประโยชน์ของการวิจัย**

ได้ทราบถึงผลการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนผ่านการประเมินชิ้นงานของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน อันได้แก่ พัฒนาการกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน ผลงานที่สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างความรู้ของผู้เรียน รวมถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และผลการวิจัยนี้ได้รับการเผยแพร่ในวารสารระดับชาติ

**1.4 ขอบเขตของการวิจัย**

การวิจันนี้เป็นการพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน การประเมินผลการ

เรียนรู้ประกอบด้วย การประเมินผลคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในรายวิชา การวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม (Industrial Control and Measurement) ของหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต (ทล.บ.) วิชาเอกเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ประชากรของการวิจัยคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่เรียนในหลักสูตร เทคโนโลยีบัณฑิต วิชาเอกเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

1.4.1 กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยโดยการเลือกแบบเจาะจงคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการวัดและการควมคุมทางอุตสาหกรรม จำนวน 19 คน

1.4.2 จากการประเมินชิ้นงานของผู้เรียน (การวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม) และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (หลักสูตร ทล.บ.) เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ประเมิน

1.4.3 จากการประเมินกระบวนการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ผู้เรียนมีพัฒนาการสอดคล้องกับมาตรฐาน 4 ด้าน คือ (1) คุณธรรม จริยธรรม (2) ความรู้ (3) ทักษะปัญญา (4) ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

**1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ**

1.5.1 ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน หมายถึง ทฤษฎีการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ โดยสร้างสรรค์ชิ้นงานผ่านการใช้สื่อ เทคโนโลยี วัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสม โดยการวิจัยในครั้งนี้เป็นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการใช้โปรแกรม Waijung Blockset อยู่ในฟังก์ชัน Simulink ของโปรแกรม MATLAB

1.5.2 หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ หมายถึง การเชื่อมโยงเนื้อหาสาระการเรียนรู้ระหว่างรายวิชา ประกอบด้วย วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ วิชาระบบควบคุม วิชาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเรียนรู้เรื่องการวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม

1.5.3 ชิ้นงาน หมายถึง ผลงานของผู้เรียนที่สร้างขึ้นผ่านการใช้โปรแกรม Waijung Blockset ในการออกแบบและวิเคราะห์เรื่องการวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม

1.5.4 ผลการเรียนรู้ หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ประกอบด้วย พัฒนาการกระบวนการเรียนรู้ ผลงานที่สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการสร้างชิ้นงาน

1.5.5 ผลงานที่สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างความรู้ หมายถึง การเขียนรายงานการปฏิบัติงานในขั้นการสอนต่าง ๆ ของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน องค์ประกอบที่สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างความรู้ประกอบด้วย การสรุปแบบนิรนัย การให้ความหมาย การอ้างอิงแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ การสรุปโดยการทดสอบสมมติฐาน การสรุปเป็นนิยาม และการสรุปเชิงเปรียบเทียบหรือแยกแยะข้อมูล

1.5.6 พัฒนาการกระบวนการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีความละเอียดรอบคอบขึ้นจากการประเมินกระบวนการปฏิบัติงานจำนวน 4 ครั้ง องค์ประกอบของการประเมินประกอบด้วย การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ การวางแผนการลงมือปฏิบัติ การลงมือปฏิบัติ การสรุปผลการทดลอง การตอบคำถามการเรียนรู้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน (Constructionism) เรื่องการ 7 ประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้กับวิวัฒนาการของการสอน

2.2 ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

2.3 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

2.4 การพัฒนาเนื้อหาแบบบูรณาการ

2.5 การประเมินตามสภาพจริง

2.6 เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว

2.7 สรุปการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้กับวิวัฒนาการของการสอน

จากวิวัฒนาการของการสอนที่เริ่มจาก การคลอบงำ (Indoctrination) การปลูกฝัง (Inculcation) การสอน (Teaching) การเรียนการสอน (Instruction) จนนำไปสู่การจัดการเรียนการสอนที่เรียกว่าการสร้างความรู้ (Construction) (ทิศนา, 2555) ซึ่งวิวัฒนาการของการสอนนี้เกิดจากพัฒนาการของปรัชญาและทฤษฎีการเรียนรู้ ที่ถูกนำเสนอโดยนักจิตวิทยาและนักการศึกษาที่มีความเชื่อและแนวคิดที่เห็นต่างสืบต่อกันมาในแต่ละยุคสมัย ความเชื่อและแนวคิดนั้นถูกนำไปทดลองกับมนุษย์และสัตว์ จนทำให้เห็นการเกิดกระบวนการเรียนรู้ นำไปสู่การจัดการเรียนการสอน โดยทั่วไปการแบ่งกลุ่มตามบริบทของการเรียนรู้คือ ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพฤติกรรมนิยม (Behaviorist Perspective) ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยม (Cognitive Perspective) ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มมนุษย์นิยม (Humanistic Perspective) และทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มสังคมนิยม (Socialist Perspective) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปการเกิดการเรียนรู้ของทฤษฎีการเรียนรู้ ดังนี้

2.1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพฤติกรรมนิยม (Behaviorism Learning Theory)

ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มนี้ ให้ความสำคัญกับ พฤติกรรม เพราะเป็นสิ่งที่เห็นได้ชัดสามารถวัดและทดสอบได้ เชื่อว่าการเรียนรู้ของมนุษย์เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ประกอบด้วยแนวคิดสำคัญ ๆ ดังนี้

2.1.1.1 ทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์นไดค์ (Thorndike' s Connectionism)

ธอร์นไดค์ (Edward Lee Thorndike) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1874-1949 เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองต่อสิ่งเร้า การเรียนรู้เกิดจากการลองผิดลองถูก (Trial and Error) จนค้นพบผลตอบสนองที่เป็นที่พอใจ และรูปแบบที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้นั้นจะถูกนำไปใช้ในการเชื่องโยงกับสิ่งเร้าในการเรียนรู้ต่อไป กฎการเรียนรู้ของธอร์นไดค์ (Hergenhahn and Olson, 1993) และหลักการสอน มี 4 กฎคือ กฎแห่งความพร้อม (Law of Readiness) กฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) กฎแห่งการใช้ (Law of Use and Disuse) และกฎแห่งผลที่พึงพอใจ (Law of Effect) (Morris and Maisto, 2001)

2.1.1.2 ทฤษฎีการวางเงื่อนไข (Conditioning Theory)

ทฤษฎีการวางเงื่อนไขเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มนักปรัชญาที่เชื่อว่าการเรียนรู้ของสิ่งมีชีวิตเกิดจากการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่วางเงื่อนไข ประกอบด้วย 3 แนวคิดต่อไปนี้

2.1.1.2.1 ทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบอัตโนมัติ (Classical Conditioning) พาฟลอฟ (Ivan Petrovich Pavlov) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1849-1936 เสนอทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบอัตโนมัติโดยทำการทดลองกับสุนัขด้วยการสั่นกระดิ่งแล้วจากนั้นจึงให้ผงเนื้อแก่สุนัข เมื่อทำการทดลองหลาย ๆ ครั้งก็พบว่า เมื่อสั่นกระดิ่งทำให้สุนัขน้ำลายไหล จึงสรุปได้ว่า การเรียนรู้ของสุนัขเกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างเสียงกระดิ่ง ผงเนื้อ และพฤติกรรมน้ำลายไหล ซึ่งการสั่นกระดิ่งคือการให้สิ่งเร้าแบบมีเงื่อนไข กฎแห่งการเรียนรู้ของ พาฟลอฟ มี 4 กฎคือ กฎแห่งการลดภาวะ (Law of Extinction) กล่าวว่า การตอบสนองต่อสิ่งเร้าจะลดน้อยลง เมื่อสิ่งเร้าไม่มีความชัดเจนหรือระยะห่างระหว่างสิ่งเร้าที่วางเงื่อนไขและสิ่งเร้าที่ไม่วางเงื่อนไขไม่สัมพันธ์กัน กฎแห่งการฟื้นคืนสภาพเดิมตามธรรมชาติ (Law of Spontaneous Recovery) กล่าวว่าเมื่อใดที่การตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มีการวางเงื่อนไขน้อยลงสามารถทำให้มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าแบบวางเงื่อนไขมากขึ้นโดยใช้สิ่งเร้าแบบไม่วางเงื่อนไขเข้ามาช่วย กฎแห่งการสรุปกฎเกณฑ์ทั่วไป (Law of Generalization) กล่าวว่าเมื่อเกิดการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่วางเงื่อนไขแล้ว การตอบสนองจะสามารถเกิดขึ้นจากสิ่งเร้าอื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน และกฎแห่งความแตกต่าง (Law of Discrimination) กล่าวว่าเมื่อเกิดการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่วางเงื่อนไขแล้วหากมีการใช้สิ่งเร้าอื่นที่ไม่วางเงื่อนไขเข้ามาควบคู่ การตอบสนองจะเกิดขึ้นเฉพาะสิ่งเร้าที่วางเงื่อนไขเท่านั้น หลักการสอนผู้สอนจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องนำความต้องการทางธรรมชาติของผู้เรียน

มาใช้เป็นสิ่งเร้าให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ การวางเงื่อนไขจะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ผู้สอนต้องเข้าใจความสัมพันธ์ของการวางเงื่อนไข กฎการลดภาวะและกฎการฟื้นคืน เพื่อควบคุมให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมใด ๆ (Papalia, Feldman, and Old, 2007) ต่อมา จอห์น โบรเอดัส วัตสัน (John Broadus Watson) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1878-1958 ได้นำแนวคิดของพาฟลอฟมาทดลองกับมนุษย์ (Watson and Rayner, 1964) โดยให้เด็กเล่นกับหนูขาวในขณะเดียวกันก็ตีแผ่นเหล็กให้เกิดเสียงดังทันที พบว่าเด็กเกิดอาการตกใจและร้องไห้ วัตสันได้ทำการทดลองแบบเดิมซ้ำ ๆ และสรุปการทดลองได้ว่า พฤติกรรมเป็นสิ่งสามารถควบคุมให้เกิดขึ้นได้ และการวางเงื่อนไขสามารถเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของมนุษย์ได้ (Wood, Wood, and Boyd, 2005)

2.1.1.2.2 ทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบต่อเนื่อง (Contiguous Conditioning) กัทธรี (Edwin Ray Guthrie) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1886-1959 ได้ทำการทดลองกับแมว โดยปล่อยแมวที่หิวจัดเข้าไปในกล่องที่มีกลไกในการเปิดประตู มีปลาแซลมอนวางไว้นอกกล่อง แมวแต่ละตัวมีพฤติกรรมการปลดกลไกที่แตกต่างกัน แมวบางตัวที่ปลดกลไปเปิดประตูได้แล้วเมื่อทดลองจับใส่กล่องใหม่ก็จะสามารถปลดกลไกได้ทันใด กัทธรีอธิบายว่า แมวเรียนรู้การกระทำครั้งสุดท้ายที่ประสบผลสำเร็จเป็นแบบแผนสำหรับการแก้ปัญหาครั้งต่อไป และการเรียนรู้เมื่อเกิดขึ้นแล้วเพียงครั้งเดียวก็นับว่าเรียนรู้แล้วไม่จำเป็นต้องทำซ้ำอีก กฎการเรียนรู้ของกัทธรีมี 4 กฎคือ กฎแห่งความต่อเนื่อง (Law of Contiguity) การใช้สิ่งเร้าแบบเดิม ๆ มากระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้นั้น ไม่สามารถทำให้เกิดการเรียนรู้ได้อีก เนื่องจากการเคลื่อนไหวของร่างกายหรือพฤติกรรมนั้นได้ถูกแสดงออกไปแล้ว กฎแห่งการเรียนรู้เกิดขึ้นได้แม้เพียงครั้งเดียว (Law of One Trial Learning) เมื่อมีภาวะสิ่งเร้ามากระตุ้น อินทรีย์จะแสดงปฏิกิริยาตอบสนองออกมา ถ้าเกิดการเรียนรู้ขึ้นแล้วแม้เพียงครั้งเดียวก็นับว่าได้เรียนรู้แล้ว กฎของการกระทำครั้งสุดท้าย (Law of Recency) หากการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้วในสภาพการณ์ใดสภาพการณ์หนึ่ง เมื่อมีสภาพการณ์ใหม่เกิดขึ้นอีก บุคคลจะกระทำเหมือนที่เคยกระทำในครั้งสุดท้ายที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้นั้นไม่ว่าจะผิดหรือถูกก็ตาม และกฎแห่งการจูงใจ (Law of Motivation) การเรียนรู้เกิดจากการจูงใจมากกว่าการเสริมแรง หลักการสอนผู้สอนจำเป็นต้องวางเงื่อนไข ปรับเปลี่ยนสิ่งเร้าและสร้างแรงจูงใจอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมการตอบสนองหรือเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ (Wood, Wood, and Boyd, 2005)

2.1.1.2.3 ทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบโอเปอร์แรนต์ (Operant Conditioning) สกินเนอร์ (Burrhus Frederic Skinner) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1904-1990 (Biehler and Snowman, 1990) ได้วิเคราะห์การทดลองของพาฟลอฟและธอร์นไดค์ ก่อนจะทำการทดลองโดยให้ความสำคัญกับการเสริมแรงในการเรียนรู้ การทดลองของสกินเนอร์เป็นการอธิบายการวางเงื่อนไขแบบผู้เรียนเป็นผู้กระทำ เชื่อว่าพฤติกรรมที่ทำให้เกิดการเรียนรู้เกิดจากแรงขับภายใน เช่น ความหิว การกระทำ

อย่างใดอย่างหนึ่งที่ให้ได้มาซึ่งอาหาร การกระทำอย่างนั้นเรียกว่าพฤติกรรมการเรียนรู้ สกินเนอร์ได้เสนอวิธีการเสริมแรงไว้ดังนี้ การให้แรงเสริมต่อเนื่องทุกครั้ง (Continuous) ผลคือพฤติกรรมการเรียนรู้จะคงอยู่ชั่วระยะเวลาสั้น ๆ แล้วจะหายไปอย่างรวดเร็ว การเสริมแรงตามเวลาตายตัว (Fixed Interval) เช่น เสริมแรงทุก ๆ 30 นาที ผลคือพฤติกรรมการเรียนรู้จะเกิดขึ้นมากในช่วงใกล้ถึงกำหนดเวลาให้แรงเสริม ต่อจากนั้นพฤติกรรมการเรียนรู้จะน้อยลง และกลับมามากอีกครั้งเมื่อใกล้ถึงเวลาให้แรงเสริมครั้งต่อไป แบบกำหนดเวลาไม่ตายตัว (Variable Interval) คือไม่มีการกำหนดเวลาว่าจะให้ตัวเสริมแรงเมื่อใด ผลคือพฤติกรรมการตอบสนองมีความสม่ำเสมอและอัตราพฤติกรรมตอบสนองที่เกิดขึ้นไม่ลดลง แม้ในช่วงเวลาที่ยังไม่ได้รับตัวเสริมแรง แบบกำหนดอัตราส่วนจำนวนครั้งคงที่ (Fixed Ratio) คือการกำหนดว่าเมื่อเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้กี่ครั้งจึงจะได้รับการเสริมแรง 1 ครั้ง ผลคือยิ่งกำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้มากครั้ง ต่อการเสริมแรง 1 ครั้ง จะทำให้ผู้เรียนมีความพยายามทำผลงานให้เร็วขึ้นเพื่อจะได้รับการเสริมแรง และแบบกำหนดอัตราส่วนจำนวนครั้งไม่ตายตัว (Variable Ratio) คือไม่กำหนดว่าต้องเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้กี่ครั้งจึงจะได้รับการเสริมแรง ผลคืออัตราการเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้จะมีความถี่สูงและสม่ำเสมอ (Wood, Wood and Boyd, 2005)

2.1.2 ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยมหรือกลุ่มพุทธินิยม (Cognitive Learning Theory)

ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มนี้ให้ความสำคัญกับกระบวนการทางปัญญาหรือกระบวนการคิดซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากภายในของสมอง เชื่อว่าการเรียนรู้ของมนุษย์เกิดจากการสะสมข้อมูล การสร้างความหมาย การแสดงออกด้วยการกระทำและการแก้ปัญหา ประกอบด้วยแนวคิดสำคัญ ๆ ต่อไปนี้

2.1.2.1 ทฤษฎีเกสตัลท์ (Gestalt Theory)

นักจิตวิทยาคนสำคัญของทฤษฎีนี้คือ แมกซ์ เวอร์ไทม์เมอร์ (Max Wertheimer) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1880-1943 วุล์ฟแกงค์ โคห์เลอร์ (Wolfbang Kohler) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1887-1963 เคร์ท คอฟฟ์กา (Kurt Koffka) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1886-1941 และเคิร์ท เลวิน (Kurt Lewin) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1890-1947 เกสตัลท์ เป็นภาษาเยอรมัน แปลเป็นภาษาอังกฤษว่า Whole หมายถึง ทั้งหมด หรือ Configuration หมายถึง โครงสร้าง หรือหมายถึงภาพรวมทั้งหมด กลุ่มนี้มีความเชื่อว่ามนุษย์จะรับรู้สิ่งต่าง ๆ ในลักษณะภาพรวม เวอร์ไทม์เมอร์ อธิบายถึงเรื่องการศึกษาและเทคนิคการสอนว่า การสอนโดยให้ผู้เรียนท่องจำเป็นวิธีที่ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ แต่ควรสอนให้ผู้เรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่เกี่ยวข้องในภาพรวม ควรให้ความสำคัญกับกระบวนการทางสมองที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในสิ่งที่จะเรียนหรือในประเด็นของปัญหา

2.1.2.2 ทฤษฎีสนาม (Field Theory)

นักจิตวิทยาคนสำคัญของทฤษฎีนี้คือ เคิร์ท เลวิน (Kurt Lewin) ซึ่งแยกตัวออกมาจากทฤษฎีเกสตัลท์ เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีแรงจูงใจหรือแรงขับที่จะกระทำให้ไปสู่จุดหมายที่ต้องการ ดังนั้นการสร้างแรงจูงใจหรือแรงขับ เป็นสิ่งจำเป็นที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

2.1.2.3 ทฤษฎีเครื่องหมาย (Sign Theory)

นักจิตวิทยาคนสำคัญของทฤษฎีนี้คือ เอ็ดเวิร์ด ซี ทอลแมน (Edward C. Tolman) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1886-1959 เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการใช้เครื่องหมายเป็นตัวชี้ทางให้แสดงพฤติกรรมไปสู่จุดมุ่งหมายปลายทาง เช่น การเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เกิดจากความคาดหมายในรางวัลที่จะได้รับ การเรียนรู้อาจไม่เกิดขึ้นทันที ดังนั้นผู้สอนควรจัดประสบการณ์ซ้ำ ๆ เพื่อให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ออกมา

2.1.2.4 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Intellectual Development Theory)

นักจิตวิทยาคนสำคัญของทฤษฎีนี้คือ ฌอง เพียเจต์ (Jean William Fritz Piaget) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1896-1980 เพียเจต์ได้ศึกษาพัฒนาการทางความคิดของเด็กและอธิบายว่า การเรียนรู้ของเด็กเป็นไปตามพัฒนาการทางสติปัญญา ซึ่งจะเป็นไปตามวัย เพียเจต์จะให้ความสำคัญกับการเข้าใจธรรมชาติและพัฒนาการของเด็กมากกว่าจะกระตุ้นให้เด็กมีพัฒนาการเร็วขึ้น และนักจิตวิทยาคนสำคัญอีกคนคือ บรุนเนอร์ (Bruner) ที่ศึกษาเรื่องพัฒนาการทางสติปัญญาต่อจากเพียเจต์ บรุนเนอร์เชื่อว่า มนุษย์เลือกที่จะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจและการเรียนรู้เกิดจากการค้นพบด้วยตนเอง การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยส่งเสริมทางด้านสติปัญญานี้ให้ความสำคัญกับการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ความสามารถที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล และการสอนในสิ่งที่เป็นรูปธรรม

2.1.2.5 ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (A Theory of Meaningful Verbal Learning)

นักจิตวิทยาคนสำคัญของทฤษฎีนี้คือ เดวิด ออซูเบล (David Ausubel) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1918-2008 เชื่อว่าการเรียนรู้จะมีความหมายแก่ผู้เรียน หากการเรียนรู้นั้นสามารถเชื่อมโยงกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่รู้มาก่อน (Ausubel, 1963) ดังนั้นการนำเสนอความคิดรวบยอดหรือกรอบมโนทัศน์หรือกรอบแนวคิดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งแก่ผู้เรียนก่อนการเสนอเนื้อหาสาระนั้น ๆ จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาสาระนั้นอย่างมีความหมาย

2.1.3 ทฤษฎีการเรียนรู้และการสร้างความรู้ (Learning Theory and Knowledge Construction)

ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มนี้จัดอยู่ในกลุ่มปัญญานิยม ทฤษฎีการสร้างความรู้ให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ (Jonassen, 1992) การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้เป็นกระบวนการในการที่ผู้เรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูล ไม่ใช้เพียงรับข้อมูลเข้ามาเพียงอย่างเดียว (Fosnot, 1992) และนอกจากกระบวนการเรียนรู้

จะเป็นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในสมองแล้ว ยังเป็นกระบวนการทางสังคมอีกด้วย การสร้างความรู้จึงเป็นกระบวนการทั้งทางด้านสติปัญญาและสังคมควบคู่กันไป ประกอบด้วย 2 ทฤษฎีการเรียนรู้คือ

2.1.3.1 ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism)

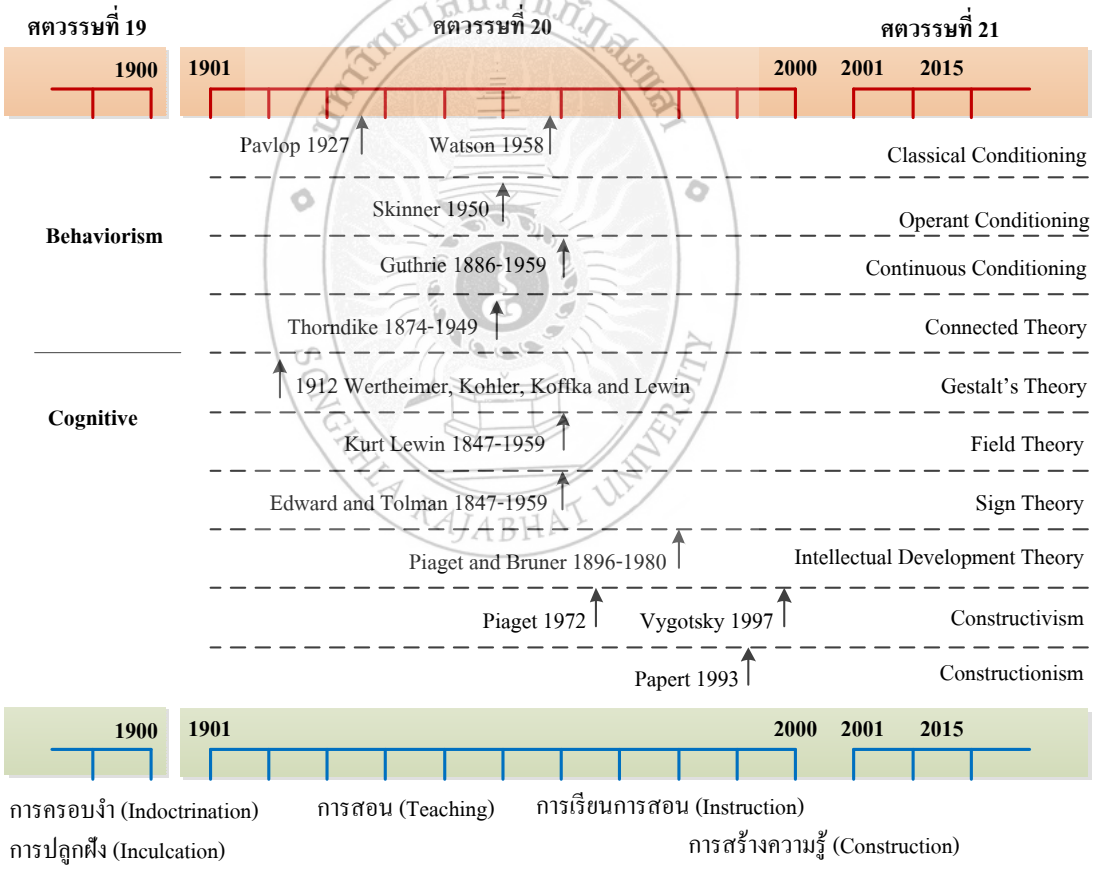
นักจิตวิทยาคนสำคัญของทฤษฎีนี้คือ วีก็อทสกี้ (Lev Semyonovich Vygotsky) มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1896-1934 และเพียเจต์ รากฐานที่สำคัญของทฤษฎีนี้คือ ทั้งวีก็อทสกี้และเพียเจต์ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา เพียเจต์อธิบายว่า พัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวผ่านทางกระบวนการซึมซาบ (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลได้รับและซึมซาบข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์ความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้ จะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น บุคคลนั้นจะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในภาวะสมดุลโดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Piaget, 1972) วีก็อทสกี้ให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและสังคมที่ส่งผลต่อการสร้างความรู้ และอธิบายว่า มนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ซึ่งนอกจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติแล้วก็ยังมีสิ่งแวดล้อมทางสังคมก็คือวัฒนธรรมของแต่ละสังคม (Vygotsky, 1997) วีก็อทสกี้เชื่อว่า การให้ความช่วยเหลือชี้แนะแก่เด็กที่อยู่ในลักษณะ Assisted Learning หรือ Scaffolding เป็นสิ่งสำคัญมาก ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยให้พัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาไปถึงระดับที่อยู่ในศักยภาพของเด็กได้

2.1.3.2 ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน (Constructionism)

นักการศึกษาคนสำคัญของทฤษฎีนี้คือ ซีมัวร์ เพเพอร์ท (Seymour Papert) เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของเพียเจต์ เพเพอร์ทเชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน หากผู้เรียนได้มีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมอย่างชัดเจน และเมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมาได้ ก็หมายถึงการสร้างความรู้ขึ้นในตนเองนั้นเอง และความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นนี้จะมีความหมายต่อผู้เรียน สามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนเองได้ดี นอกจากนั้นก็ยังเป็นฐานให้ผู้เรียนใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างความรู้ต่อไปอย่างไม่สิ้นสุด (Papert, 1993)

กล่าวโดยสรุปว่า การเกิดการเรียนรู้กับทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพฤติกรรมนิยมที่ให้ความสำคัญกับพฤติกรรมหรือการเปลี่ยนแปลงจากภายนอกที่ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ เพราะเป็นสิ่งที่เห็นได้ชัด สามารถวัดและทดสอบได้ สามารถสรุปเป็นกฎแห่งการเรียนรู้ได้ การทำให้เกิดการเรียนรู้คือการสร้างแรงจูงใจ การจัดกิจกรรมให้ตรงกับความตั้งใจของผู้เรียน การเปิดโอกาสให้ลองผิดลองถูก

และการได้รับผลที่พึงพอใจ สำหรับทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยมหรือกลุ่มพุทธินิยม กลุ่มนี้ให้ความสำคัญกับกระบวนการทางปัญญาหรือกระบวนการคิด การเกิดการเรียนรู้ไม่สามารถสรุปเป็นกฎแห่งการเรียนรู้ได้ เนื่องจากการเกิดการเรียนรู้เกิดจากการปรับโครงสร้างทางปัญญาภายใน การรับรู้ (Perception) การหยั่งเห็น (Insight) แรงจูงใจหรือแรงขับที่จะกระทำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ การทำให้เกิดการเรียนรู้คือ การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีประสบการณ์เกิดกระบวนการคิด การจัดสภาพแวดล้อมและสร้างสถานการณ์กระตุ้นให้เกิดความคิด สำหรับทฤษฎีการสร้างความรู้ การเกิดการเรียนรู้เกิดจากการปรับโครงสร้างทางปัญญาภายในจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก หรือการเรียนรู้เกิดจากการลงมือทำ และการเรียนรู้เกิดจากการสร้างชิ้นงาน การทำให้เกิดการเรียนรู้คือ การสร้างสถานการณ์ที่เสมือนจริงที่สามารถให้ผู้เรียนสำรวจ วิเคราะห์ ทดลอง สื่อความหมายจากสิ่งที่ตนเองทำ




**ภาพที่ 2-1** พัฒนาการของทฤษฎีการเรียนรู้กับวิวัฒนาการของการสอน

จากภาพที่ 2-1 ผู้วิจัยนำเสนอให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของทฤษฎีการเรียนรู้กับวิวัฒนาการของการสอน ทฤษฎีการเรียนรู้พัฒนาขึ้นตามความเชื่อและแนวคิดของนักจิตวิทยา

และนักการศึกษานำไปสู่การจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน วิวัฒนาการของการสอนจาก การสอนที่นำไปสู่การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง จากแผนภาพจะเห็นได้ว่า ช่วงปลายศตวรรษที่ 20 วิวัฒนาการของการสอนอยู่ในช่วงการสร้างความรู้ ซึ่งนักจิตวิทยาที่นำเสนอทฤษฎีการสร้างความรู้คือ วีก็อทสกี้ และเพียเจต์ บนพื้นฐานความเชื่อที่ว่า การเกิดการเรียนรู้เกิดจากการปรับโครงสร้างทางปัญญาของมนุษย์เมื่อมนุษย์นั้นมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก และมีความเห็นว่ามนุษย์จะเรียนรู้เรื่องที่ซับซ้อนได้นั้นต้องอยู่ในวัยที่เหมาะสมด้วย ต่อมา เพเพอร์ท ได้พัฒนาทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ต่อยอดมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ของ วีก็อทสกี้ และเพียเจต์ โดยมีความเห็นที่ต่างกันว่า มนุษย์สามารถเรียนรู้เรื่องที่ซับซ้อนได้ผ่านสื่อที่ช่วยในการเรียนรู้ที่เหมาะสม

**2.2 ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน (Constructionism)**

จากการศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ทั้งด้านความเป็นมาของทฤษฎี ด้านการนำไปใช้การจัดการเรียนการสอน การจัดกระบวนการเรียนรู้ และการเกิดการเรียนรู้ของผู้เรียนตามแนวทฤษฎีนี้ มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ความเป็นมาของทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ทางสติปัญญา ศาสตราจารย์ซีมัวร์ เพเพอร์ท (Seymour Papert) และทีมงานในโครงการวิจัยที่ Media Lab ใน Massachusetts institute of Technology (MIT) ประเทศสหรัฐอเมริกาได้เสนอขึ้นในปี ค.ศ. 1960 (Guzdial, 1997) โดยมีพื้นฐานในการพัฒนาต่อยอดมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ของเพียเจต์ ที่มาของคำว่า Constructionism นี้ (Papert, 1993) เกิดขึ้นเพื่อสื่อความหมายของคำสองคำ คำแรกคือ Constructivism เป็นทฤษฎีทางการศึกษามีลักษณะเป็นการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญา (Cognitive Learning) และกล่าวถึงกระบวนการเรียนรู้และสร้างความรู้ตามพัฒนาการทางความคิดและการเรียนรู้ของผู้เรียน ส่วนคำที่สองคือ Construction Set หมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อช่วยในการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการสร้างสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นของผู้เรียน ดังนั้นคำว่า Constructionism จึงหมายถึงทฤษฎีการศึกษาที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการเรียนรู้จากการสร้างหรือทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยตัวผู้เรียนเอง โดยมีลักษณะการสร้างความรู้สองส่วนคือ เมื่อผู้เรียนสร้างชิ้นงานต่าง ๆ ผู้เรียนได้สร้างความรู้ใหม่ไปด้วย ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานของ เพเพอร์ท แตกต่างไปจากทฤษฎีการสร้างความรู้นิยม (Constructivism) ของ เพียเจต์ (สุชิน, 2544) คือ เพเพอร์ท มีความเห็นต่างจาก เพียเจต์ ซึ่งให้คำอธิบายว่า เด็กไม่สามารถเรียนรู้บางเรื่องได้ในช่วงวัยหนึ่ง ๆ เนื่องจากมีความซับซ้อนหรือมีระบบแบบแผนที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ต้องให้ถึงวัยอันเหมาะสม

แต่เพเพอร์ท กล่าวว่าสาเหตุที่แท้จริงคือ การขาดแคลนวัสดุที่สามารถนำมาใช้เพื่อทำให้สิ่งที่เรียนรู้ได้ยากนั้นกลายเป็นเรื่องง่ายและเป็นรูปธรรมเพียงพอ หรือมีวัสดุต่าง ๆ อยู่แล้วแต่ไม่ได้รับการส่งเสริมให้นำมาใช้ให้เหมาะสมกับวัยอย่างถูกต้องเหมาะสม สำหรับประเทศไทยได้นำทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานมาประยุกต์กับการจัดการเรียนการสอน ตั้งแต่ พ.ศ. 2539 ภายใต้โครงการประภาคารแห่งความรู้ (Lighthouse Project) โดยมูลนิธิศึกษาพัฒน์ (สุชิน, 2544) และเริ่มดำเนินโครงการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 โดยมีเป้าหมายในการพัฒนาคุณภาพและศักยภาพการเรียนรู้ของคนไทย โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาในบริบทต่าง ๆ ของสังคมไทย ทั้งการพัฒนาเด็กและเยาวชนในภาคการศึกษา การพัฒนาศักยภาพพนักงานในภาคอุตสาหกรรม รวมถึงความร่วมมือกับสถาบันอุดมศึกษาเพื่อขยายผลการนำแนวคิดทฤษฎีไปประยุกต์ใช้ในทุกระดับการศึกษา (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2556)

2.2.2 ความหมายของทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานมีความเชื่อว่า ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยในการสร้างความรู้นั้น ผู้เรียนจะต้องลงมือสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมาเพื่อจับต้องสัมผัสได้ ปรากฏให้เห็นได้หรือนำไปสู่การแลกเปลี่ยนกันได้ (Papert, 1993) จะมีผลทำให้ผู้เรียนต้องใช้ความคิดมีความกระตือรือร้น มีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองอย่างจริงจัง และประจักษ์ชัดว่าตนเองรู้เพียงพอแล้วหรือยัง รวมทั้งสามารถใช้สิ่งที่สร้างขึ้นมานั้นต่อยอดในการสร้างชิ้นงานใหม่หรือทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ใหม่ ๆ ต่อไปไม่มีที่สิ้นสุด หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นการเชื่อมโยงความคิดที่อยู่ภายในตนเอง เข้ากับสิ่งที่จับต้องสัมผัสได้ภายนอกให้เอื้อประโยชน์ต่อกันอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดกำลังความคิดมากที่สุด เมื่อผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่สามารถสร้างสิ่งที่มีความหมายต่อตนเอง มีประโยชน์หรือสอดคล้องกับการใช้ชีวิตประจำวัน จะทำให้ผู้เรียนเต็มใจที่จะมีส่วนร่วมในการทำงานนั้น Kafai and Resnick (1996) ให้กล่าวถึงทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานว่า เป็นการจัดการศึกษาที่เปิดโอกาสให้กับผู้เรียนที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมสร้างสรรค์ที่เป็นเสมือนเชื้อเพลิงที่นำไปสู่กระบวนการสร้างผลิตผลที่มีความหมายต่อตนเอง โดยมีจุดเน้นในการสร้างชิ้นงานเพื่อการเรียนรู้ ให้ความสำคัญกับศิลปะการเรียนรู้ของผู้เรียนและเชื่อว่าผู้เรียนสามารถเรียนรู้ที่จะรู้สิ่งต่าง ๆ จากแนวทางที่หลากหลาย ซึ่งแตกต่างไปจากทฤษฎีการเรียนรู้อื่นที่เน้นให้ความสำคัญกับศิลปะการสอนของผู้สอน เช่นเดียวกับ Resnick (1990) ได้อธิบายขยายแนวคิดออกไปอีก เรียกว่า Distributed Constructionism คือ เน้นไปที่การเรียนรู้ในสถานการณ์ที่มีบุคคลกลุ่มหนึ่งร่วมกันออกแบบและสร้างสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมา ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความคิดและสติปัญญานั้นมิได้เป็นคุณสมบัติของคนใดคนหนึ่ง แต่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมรอบตัว ซึ่งรวมถึงคนอื่น ๆ และผลงานที่ถูกสร้างขึ้นมาด้วยเป็นฐาน นอกจากนี้แล้วนักการศึกษา

ในประเทศไทยโดย สุชิน (2544) ได้ให้ความหมายทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานว่า เป็นกระบวนการเรียนจากสื่อเทคโนโลยีในบรรยากาศที่เป็นมิตร ผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการเข้าใจผู้เรียนเป็นรายบุคคล ช่วยให้ผู้เรียนวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเอง และตรวจสอบความคิดเป็นระยะ ๆ จากภาพเคลื่อนไหวที่ผู้เรียนสร้างขึ้น และทิศนา (2547) ได้ให้ความหมายว่า การเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน หากผู้เรียนได้มีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้ความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน และเมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมาในโลก ก็หมายถึงการสร้างความรู้ขึ้นในตนเองนั้นเอง ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในตนเองนี้ จะมีความหมายต่อผู้เรียน จะอยู่คงทน ผู้เรียนจะไม่ลืมง่าย และสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนเองได้ดี นอกจากนั้นความรู้ที่สร้างขึ้นนี้ ยังเป็นฐานให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

สรุปความหมายของทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน มีสาระสำคัญที่ว่า การจัดกระบวนการส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการลงมือทำ ผ่านสื่อเทคโนโลยีและการจัดสภาพแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม เป็นแรงผลักดันให้ผู้เรียนเกิดความคิด สร้างสรรค์ชิ้นงานหรือผลงาน และสร้างความรู้ด้วยตนเองจากชิ้นงานหรือผลงานนั้น สามารถถ่ายทอดความรู้ สื่อความหมายในสิ่งที่ตนเองทำให้ผู้อื่นเข้าใจได้ และต่อยอดความรู้จากการพัฒนาชิ้นงานนั้นอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

2.2.3 คุณลักษณะทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

Boyer and Semrau (1995) สรุปคุณลักษณะทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานดังต่อไปนี้

1. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นจริงให้กับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเกี่ยวข้องของสิ่งแวดล้อมรอบตัวกับชีวิตของตนเอง เข้าใจสภาพแวดล้อมนั้นแล้วสร้างเป็นความรู้ขึ้น และสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในการดำรงชีวิตที่เป็นจริงของผู้เรียนในอนาคต

2. การจัดการเรียนการสอนควรมีลักษณะเป็นแบบสหวิทยาการ ในสภาพการณ์ที่เป็นจริงในชีวิต ความรู้ในสาขาวิชาการต่าง ๆ นั้น มีความสัมพันธ์กันและมีผลกระทบต่อกันและกัน ในการนำความรู้ไปใช้อธิบายหรือไปใช้ในการทำกิจกรรมใด ๆ ผู้สอนไม่ควรแยกความรู้นั้นออกแบบสาขาวิชาโดยเด็ดขาดจากกัน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติของความรู้ในลักษณะที่เป็นองค์รวม

3. การจัดการเรียนการสอนควรมีลักษณะการทำงานร่วมกันเป็นทีม ในสภาพการณ์ที่เป็นจริงผู้เรียนต้องอยู่รวมกันกับผู้อื่น การทำงานร่วมกันเป็นกิจกรรมหนึ่งของชีวิต ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ศักยภาพที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล ยอมรับในความแตกต่างนั้น เห็นความจำเป็นของการร่วมมือกันในการทำงานให้บรรลุเป้าหมาย และมีโอกาสปรับเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจของตนให้สมเหตุสมผลมาขึ้น

4. การจัดการเรียนการสอนต้องให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ด้วยตนเอง ในสภาพการณ์ที่เป็นจริงของชีวิต คนเราเป็นผู้ประสบปัญหาและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ในการแก้ปัญหามีการรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ต่าง ๆ วิเคราะห์ สังเคราะห์และสร้างความเข้าใจในประสบการณ์ที่ประสบด้วยตนเอง ความรู้ที่เกิดจากคำบอกเล่าของคน ๆ หนึ่ง นอกจากจะไม่ให้ประสบการณ์ตรงต่อผู้ฟังแล้ว ยังทำให้ผู้ฟังไม่สามารถสร้างความรู้จากการฟังได้นาน การจัดการเรียนการสอนจึงต้องจัดให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญและมีเจตคติที่ดีต่อการใฝ่หาและสร้างความรู้ความเข้าใจของตนเองเป็นนิสัย

5. การจัดการเรียนการสอนควรจัดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง เนื่องจากผู้เรียนแต่ละคนมีความรู้และประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกันและในสภาพการณ์เดียวกัน ผู้เรียนแต่ละคนอาจสร้างความรู้ความเข้าใจไม่เหมือนกัน หรือไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับศักยภาพของแต่ละบุคคล บางคนอาจมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเพียงบางส่วน บางคนอาจมีความรู้ความเข้าใจที่ยังไม่สมบูรณ์ การให้โอกาสกับผู้เรียนในการแสดงความรู้ความเข้าใจของตน หรืออธิบายความหมายของความรู้ความเข้าใจนั้น และรับรู้ความรู้ความเข้าใจของคนอื่น จะทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสประเมินความรู้ความเข้าใจของตนเองว่าถูกต้องสมบูรณ์ หรือมีเหตุผลเพียงพอหรือไม่และจะปรับความรู้ความเข้าใจของตนเองให้สมเหตุสมผลได้อย่างไร

6. การเรียนรู้ประสบการณ์ใหม่ ผู้เรียนต้องใช้ความรู้ความเข้าใจของประสบการณ์เดิมเป็นแนวทางในการสร้างความรู้ความเข้าใจใหม่ สิ่งที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้คือสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว ดังนั้นการตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเดิมของผู้เรียนว่ามีความถูกต้องเพียงใด จึงเป็นสิ่งสำหรับผู้สอน ถ้าผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเดิมที่ไม่ถูกต้อง จะส่งผลให้การสร้างความรู้ใหม่สับสนและไม่ถูกต้องไปด้วย บทบาทของผู้สอนจึงต้องจัดสภาพการเรียนการสอนให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจนั้นใหม่ให้ถูกต้องเสียก่อน

7. การจัดการเรียนการสอน ผู้สอนควรทำหน้าที่เหมือนผู้ฝึกสอนหรือผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้มากกว่าเป็นผู้บอกความรู้ ผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้แนะนำและจัดหาแหล่งข้อมูลและนำวิธีการที่จะให้ได้มาซึ่งข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการสร้างความรู้ของผู้เรียน

8. กิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนอาจใช้วิธีการสอนต่าง ๆ ที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้ใหม่ได้ โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง กิจกรรมที่เป็นจริงซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ได้ดี

9. การประเมินผลการเรียนรู้ ตามกรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนนั้น ให้ความสำคัญกับการประเมินที่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมที่แท้จริงทั้งกระบวนการสร้างความรู้ของผู้เรียน และชิ้นงานหรือผลงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเพื่อการเรียนรู้ เรียกว่าการประเมินตามสภาพจริง การประเมินโดยใช้แบบทดสอบนั้นถือเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินเท่านั้น

2.2.4 สื่อการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

เพเพอร์ท ได้นำเสนอทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานในปี ค.ศ. 1960 จากนั้นได้ร่วมมือกับคณะวิจัยและนำเสนอสื่อการเรียนการสอนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า Logo ขึ้นในปี ค.ศ. 1963 สัญลักษณ์ประจำภาษา Logo คือ เต่า สร้างขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนสามารถนำมาใช้ในการคำนวณหรือการวาดภาพ ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนต้องการให้เต่าเดินทางเป็นรูปภาพปลา ผู้เรียนจะต้องคำนวณทิศทางการเดินของเต่าให้เดินเป็นรูปภาพปลาและป้อนคำสั่งภาษา Logo ให้เต่าเดินไปตามทิศทางที่ต้องการ โปรแกรมภาษา Logo เป็นโปรแกรมที่มีคำสั่งที่ใช้งานง่ายและมีความยืดหยุ่น ผู้เรียนสามารถลองผิดลองถูกในการป้อนคำสั่งให้เต่าเดินไปในทิศทางที่ต้องการได้ ปัจจุบันโปรแกรมภาษา Logo ใช้งานกันอยู่ประมาณ 248 โปรแกรมและมีระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกัน เช่น MicroWorld Logo, SuperLogo, OpenLogo, MW Logo, StarLogo (Boytchev, 2011) จะเห็นได้ว่าทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานและสื่อโปรแกรมภาษา Logo นี้ ช่วยส่งเสริมจินตนาการของผู้เรียนให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ สามารถใช้เต่าแสดงความคิดที่เป็นนามธรรมของตนเองให้ออกมาเป็นรูปธรรมได้ ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมเชื่อมโยงกับสิ่งที่คิดจะทำและลงมือทำให้เกิดความรู้ใหม่ขึ้นได้ เช่นเดียวกันกับโปรแกรม LEGO-Logo ที่พัฒนามาจากโปรแกรม MicroWorlds Logo โดยเพิ่มเติมอุปกรณ์ Lego เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างหุ่นยนต์แบบต่าง ๆ ได้ เริ่มต้นการเรียนรู้โดยผู้เรียนต่อ Lego เป็นหุ่นยนต์หรือสิ่งต่าง ๆ ตามที่ตนเองสนใจ จากนั้นจึงเขียนโปรแกรมภาษา Logo ป้อนคำสั่งลงใน Programmable Brick หรือ Logo Brick ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ติดอยู่กับตัวหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหวตามที่ตนเองต้องการ โปรแกรม LEGO-Logo นี้ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ในศาสตร์ที่หลากหลายยิ่งขึ้น เช่น กิจกรรมการออกแบบการต่อ Logo และการเขียนคำสั่งควบคุมหุ่นยนต์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้านสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เป็นต้น (Resnick and Ocko, 1990) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานที่แตกต่างออกไปพบว่า Roe and Beynon (2004) ได้สร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Modelling) ของเครื่องตรวจจับลำแสง (Beam Detector) โดยใช้แนวคิดของโปรแกรมภาษา Logo เป็นพื้นฐานในการพัฒนา ซึ่งโปรแกรมจำลองนี้ช่วยส่งเสริมในการเรียนรู้เกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตและเกี่ยวกับวิชาตรีโกณมิติ กล่าวโดยสรุปว่าสื่อที่นำมาใช้กับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานนั้นช่วยส่งเสริมจินตนาการของผู้เรียนให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ สามารถแสดงความคิดที่เป็นนามธรรมของผู้เรียนให้ออกมาเป็นรูปธรรมได้ ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมเชื่อมโยงกับสิ่งที่คิดจะทำและลงมือทำให้เกิดความรู้ใหม่ขึ้นได้ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้แบบบูรณาการกับศาสตร์ที่หลากหลาย

2.2.5 สรุปบริบทการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

จากการศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ผู้วิจัยสรุปบริบทการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ดังนี้

1. รูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานนั้นต้องส่งเสริมการสร้างความรู้โดยการปฏิบัติหรือสร้างสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่ารูปแบบการเรียนการสอนของโรงเรียนที่จัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานจะใช้วิธีการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน

2. การจัดกระบวนการส่งเสริมการเรียนรู้ ในแต่ละขั้นของรูปแบบการเรียนการสอนจะประกอบด้วยกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เริ่มจากการจัดกิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดริเริ่มในการทำโครงงาน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงทางความคิดกับสิ่งที่จะทำและการสืบค้นข้อมูล การสนับสนุนของผู้สอนผู้สอนในรูปแบบของการแนะนำ การแลกเปลี่ยนความคิดหรือสิ่งที่ผู้เรียนค้นพบในการทำโครงงาน การวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ของตนเองหรือการเรียบเรียงกระบวนการลงมือปฏิบัติที่ซับซ้อนจากการลองผิดลองถูกจนพบวิธีที่ถูกต้อง

3. บรรยากาศในการเรียนรู้ ประกอบด้วย การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีทางเลือกในการสร้างหรือทำในสิ่งที่ตนเองสนใจ การมีความหลากหลาย กล่าวคือ ความหลากหลายในกระบวนทำงาน ความหลากหลายของทักษะของผู้เรียน การมีความเป็นกันเอง

4. สื่อและเทคโนโลยีที่ส่งเสริมการเรียนรู้ สื่อและเทคโนโลยีที่ส่งเสริมการเรียนรู้นี้จะรวมอยู่ในบรรยากาศการเรียนรู้ด้วย ตอบสนองความคิดให้เห็นเป็นรูปธรรม

5. การประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง ประกอบด้วยการประเมินกระบวนการปฏิบัติงานของผู้เรียน การประเมินผลงานหรือชิ้นงานของผู้เรียน

## 2.3 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถในการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยได้สืบค้นข้อมูลและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งกระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน รวมถึงการวิเคราะห์และสังเคราะห์รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นและนำไปใช้เพื่อเน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการสร้างชิ้นงาน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน

จากแนวคิดของนักการศึกษาได้ให้ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอนดังต่อไปนี้ Anderson (1997) ให้ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง กระบวนการออกแบบ

การเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งเพื่อให้บรรลุผล ซึ่งตั้งอยู่บนหลักการพื้นฐานแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ และข้อมูลที่สนับสนุนให้การใช้รูปแบบการเรียนการสอนนั้นประสบความสำเร็จ ซึ่งกระบวนการพัฒนารูปแบบและผลที่เกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบการเรียนการสอนนั้นคือสิ่งสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอน นอกจากนั้น ทิศนา (2547) ได้ให้ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง การจัดการสภาพหรือลักษณะของการเรียนการสอน อย่างเป็นระบบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อต่าง ๆ โดยมีการจัดกระบวนการหรือขั้นตอนในการเรียนการสอน และในแต่ละขั้นการสอนจะอาศัยวิธีสอนและเทคนิคการสอน เข้าไปช่วยทำให้สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามหลักการที่ยึดถือ และ Weil, Joyce and Kluwin (1978) กล่าวว่ารูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง อาคม, พูลศักดิ์ และมงคล (2553) ได้สังเคราะห์รูปแบบการวิจัยการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน โดยพิจารณาใน 3 ด้านหลักคือ ขั้นการศึกษาปัญหา ขั้นพัฒนารูปแบบ และขั้นทดลองใช้ พบว่าการทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนในปัจจุบันสามารถจำแนกเป็นลักษณะเด่นของการวิจัยได้ 3 รูปแบบคือ รูปแบบที่ 1 การวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามหลักปรัชญาหรือทฤษฎี มีจุดเด่นคือ เน้นการสังเคราะห์ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อนำมาพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน รูปแบบที่ 2 คือ การวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพ มีจุดเด่นคือมีแบบแผนการทดลองที่หลากหลายและทดลองซ้ำหลายครั้ง รูปแบบที่ 3 คือ การวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการศึกษาปัญหา มีจุดเด่นคือ ขั้นตอนการศึกษาปัญหาก่อนการทำการพัฒนารูปแบบ และได้นำเสนอรูปแบบการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนด้านวิศวกรรม เน้นการพัฒนาเนื้อหาให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

จากแนวคิดของนักการศึกษาที่ให้ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอนดังที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบตามหลักปรัชญา ทฤษฎีการเรียนรู้ ประกอบด้วย ขั้นการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน วิธีสอน สื่อที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมการเรียนการสอน สิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่คาดหวัง

2.3.2 รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้และสร้างความรู้นั้น ในแต่ละขั้นการสอนของรูปแบบเป็นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และวางแผนกลยุทธ์ให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่ผู้สอนเป็นผู้สร้างขึ้น

2.3.2.1 รูปแบบการเรียนการสอนของโรงเรียนดรุณสิขาลัย

การประยุกต์ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานของโรงเรียนดรุณสิขาลัย (ไพโรจ, 2550) เป็นการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานแบบเต็มรูปแบบ โดยจัดให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เพื่อทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองและเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ด้วยตัวเองอย่างลึกซึ้ง สามารถพัฒนากระบวนการเรียนรู้ในด้านทักษะการใช้ชีวิต มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ปลูกฝังให้ผู้เรียนสามารถคิดวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ ฝึกทักษะการแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม ควบคู่กับการมีคุณธรรม จริยธรรม ทำให้ผู้เรียนสามารถพึ่งพาตนเองได้และติดนิสัยใฝ่เรียนรู้ โดยมีกระบวนการเรียนการสอนประกอบด้วยขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เริ่มจากเรื่องที่ผู้เรียนสนใจ ผู้เรียนนำเสนอหัวข้อโครงงานที่ตนเองสนใจและจัดกลุ่มผู้เรียนที่มีความสนใจในเรื่องที่ใกล้เคียงกันหรือสามารถเชื่อมโยงเข้าด้วยกันได้

ขั้นที่ 2 ผู้สอนบูรณาการวิชาการเข้าไปในโครงงาน ตามความเชื่อมโยงหัวข้อโครงงาน อาทิ วิทยาศาสตร์ ศิลปะ คณิตศาสตร์ สังคม ภาษา ฯลฯ โดยพิจารณาหลักสูตรของกระทรวงศึกษาธิการประกอบการบูรณาการ

ขั้นที่ 3 ผู้สอนและผู้เรียนวางแผนการเรียนรู้ร่วมกัน ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันวางแผนการเรียนรายสัปดาห์ ทำให้ผู้เรียนมีแผนของงานของตนเองและของกลุ่มตั้งแต่ตนจนจบโครงงาน ผู้สอนจะนำเสนอส่วนที่ผู้เรียนควรจะได้เรียนรู้และสอบถามสิ่งที่ผู้เรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติม พร้อมทั้งเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ให้ผู้เรียนได้เห็นภาพรวมทั้งหมด แล้วให้ผู้เรียนเขียนภาพความคิด (Mind Map) และวางแผนการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อและจัดทำตารางเวลาการเรียนรู้แต่ละเรื่องเป็นแผนการทำงาน ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของโครงงานและมีความกระตือรือร้นที่จะทำงานนั้นให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี แต่ละโครงงานจะมีระยะเวลา 2 เดือน

ขั้นที่ 4 เรียนรู้ด้วยการลงมือทำจริง ผู้สอนและผู้เรียนช่วยกันค้นคว้าหาข้อมูล ทำการทดลอง สร้างชิ้นงานเพื่อทดสอบสมมุติฐาน รวมทั้งการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญและทัศนศึกษาสถานที่จริง เพื่อให้ผู้เรียนได้สัมผัสและเข้าใจกับสิ่งต่าง ๆ อย่างลึกซึ้ง

ขั้นที่ 5 สรุปความรู้และเก็บบันทึกผลงาน ผู้เรียนสรุปความรู้ในรูปแบบของบทความ สมุดแฟ้มสะสมงาน (Portfolio) และแผนภาพความคิด ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 6 จัดเตรียมนิทรรศการเพื่อแสดงผลงานจากการเรียนรู้ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อน ผู้สอน ผู้ปกครอง และผู้สนใจ โดยผู้เรียนจะได้ฝึกการนำเสนอ วางแผนและดำเนินการด้วยตนเอง

ขั้นที่ 7 วิเคราะห์และประเมินผล 360 องศา ผู้เรียนจะได้ประเมินตนเองและได้รับคำติชม (Feedback) จากเพื่อน ผู้สอนและผู้ปกครอง เพื่อนำข้อมูลมาพัฒนาตนเองอย่างสม่ำเสมอ

ขั้นที่ 8 การต่อยอดองค์ความรู้ เมื่อผู้เรียนทำโครงงานประสบความสำเร็จก็เกิดความศรัทธาและพัฒนาตนเองไปสู่โครงงานที่ใหญ่ขึ้น แต่ละรอบการเรียนรู้จะนำไปสู่การเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ต่อเนื่องกันไปไม่สิ้นสุด ทำให้ผู้เรียนติดเป็นนิสัยใฝ่เรียนรู้ตลอดชีวิต

2.3.2.2 รูปแบบการเรียนการสอนของโรงเรียนเทศบาล 4 (บ้านเชียงราย)

การประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์เพื่อปัญญาของโรงเรียนเทศบาล 4 (บ้านเชียงราย) (สุริพร, 2556) โดยพัฒนาผู้สอนให้มีความรู้ความเข้าใจการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีนี้ และให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ออกแบบการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่มีเนื้อหา 3 ลักษณะประกอบด้วย เนื้อหาแบบบูรณาการตามสาระการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นสื่อ เนื้อหาแบบบูรณาการระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เนื้อหาแบบบูรณาการโครงการพิเศษของโรงเรียนที่เป็นปัญหาระดับชาติมาออกแบบจัดการเรียนรู้ เช่น โครงการใช้รถใช้ถนนอย่างถูกต้องและปลอดภัย โครงการโรงเรียนส่งเสริมสุขภาพ เป็นต้น ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้พัฒนามาจากโรงเรียนดรุณสิกขาลัยเป็นต้นแบบ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ระดมความคิด หมายถึง ผู้เรียนช่วยกันระดมความคิดเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน

ขั้นที่ 2 พินิจแผนงาน หมายถึง การวางแผนร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผู้สอนกับผู้สอน ผู้สอนกับผู้ปกครอง เกี่ยวกับหัวข้อใหญ่และหัวข้อย่อยที่จะเรียน

ขั้นที่ 3 สู่การเรียนรู้ หมายถึง ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการที่หลากหลายผ่านกระบวนการคิด ลงมือทำ ตรวจสอบและนำผลไปปรับปรุง

ขั้นที่ 4 ควบคูแลกเปลี่ยน หมายถึง จัดให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับบุคคลทั่วไป เช่น เพื่อน พี่ ผู้สอนและผู้ปกครอง ฝึกการนำเสนอ ทำให้ผู้เรียนกล้าพูด กล้าคิด กล้าทำในสิ่งที่ถูกต้อง

ขั้นที่ 5 หมั่นเพียรประเมิน หมายถึง การวัดและประเมินผลการดำเนินการหลังจัดกิจกรรมแต่ละครั้ง โดยวางแผนการประเมินให้สอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัด

ขั้นที่ 6 เผชิญโลกการเรียนรู้ใหม่ หมายถึง การเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เรียนรู้แล้วสู่การเรียนรู้ใหม่อย่างต่อเนื่อง

2.3.2.3 รูปแบบการเรียนการสอนของโรงเรียนบ้านสันกำแพง

การประยุกต์ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานของโรงเรียนบ้านสันกำแพง (โสภาพรรณ, 2556) มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีความสมดุลทั้งด้านรางกาย ความรู้ คุณธรรม โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้สื่อและเทคโนโลยีต่าง ๆ โดยอิสระ โดยสังเคราะห์รูปแบบการเรียนเป็นกระบวนการ 5S ตามแนวทฤษฎี Constructionism พัฒนาการจัดกิจกรรม

การเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียน โดยผู้สอนมีหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ (Facilitator) จัดเตรียมกิจกรรมที่สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยจัดอบรมให้ผู้สอนภายในโรงเรียนใช้กระบวนการเรียนการสอนไปในทางเดียวกัน กระบวนการ 5S ประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 จุดประกายความคิด (Sparkling) ผู้สอนใช้กิจกรรม วิธีการ หรือสื่อ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ เห็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ นำไปสู่ความเข้าใจในเนื้อหาสาระ หรือมีแนวคิดในการทำโครงงาน ตามความสนใจของตนเอง

ขั้นที่ 2 สะกิดให้ค้นคว้า (Searching) ใช้กิจกรรมหรือหัวข้อเรื่องราวที่น่าสนใจ ชวนให้นักศึกษาค้นคว้าจากสื่อ แหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อหาข้อมูลหรือหาคำตอบด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 นำพาสู่การปฏิบัติ (Studying) ฝึกให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้ด้วยตนเองทั้งรายกลุ่มและรายบุคคล จนเกิดทักษะและเรียนรู้การแก้ปัญหาด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 จัดองค์ความรู้ (Summarizing) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ความเข้าใจจากการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติ การแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้จนสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเองได้อย่างเป็นระบบ

ขั้นที่ 5 นำเสนอควบคู่การประเมิน (Showing and Sharing) ฝึกให้ผู้เรียนได้รู้จักวางแผนในการสำเสนอองค์ความรู้ กระบวนการ ผลงาน ของตนอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การแสดงละคร บทบาทสมมุติ นิทรรศการ เกม นำไปสู่การพัฒนาผลงานและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

2.3.2.4 การเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐาน โดย พิมพันธ์, พเยาว์ และราเชน (2551)

การเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐานที่ได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินโครงการตามขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ และแต่ละขั้นตอนนั้นจะต้องใช้ทักษะการคิดต่าง ๆ มาประกอบเพื่อให้สามารถปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนได้ ดังรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ต้องใช้ทักษะ การสังเกต สรุปอ้างอิง แยกแยะ เปรียบเทียบ วิเคราะห์ สื่อสาร และกำหนดปัญหาเพื่อหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ออกแบบการรวบรวมข้อมูล ต้องใช้ทักษะ การตั้งสมมติฐาน คิดเชิงเหตุผล การพิสูจน์สมมติฐาน การระบุตัวแปร การนิยามเชิงปฏิบัติการ การวางแผนเพื่อวิธีเก็บข้อมูล การสร้างเครื่องมือและวางแผนวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นที่ 3 ปฏิบัติการรวบรวมข้อมูล ต้องใช้ทักษะ การสังเกต การสัมภาษณ์ การสอบถาม การวัด การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ การใช้ตัวเลข การบันทึกผล

ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ผลและสื่อความหมายข้อมูล ต้องใช้ทักษะ การสังเกต การแยกแยะ การจัดกลุ่ม การจำแนกประเภท การเรียงลำดับ การจัดระบบ การใช้ตัวเลข รวมทั้งการสื่อความหมายข้อมูล เช่น ตาราง กราฟ ภาพ

ขั้นที่ 5 สรุปผล ต้องใช้ทักษะ การแปลผลข้อมูล การอุปนัย การนิรนัย การสรุปผลจากข้อมูล

2.3.2.5 การเรียนการสอนโครงงานเป็นฐานตามแนวทางของ Ribr and Vidal (1993)

Ribr and Vidal ได้กำหนดขั้นตอนการทำโครงงานไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างบรรยากาศในชั้นเรียน เป็นขั้นเตรียมความพร้อมให้สมาชิกในกลุ่มมีความพร้อมในการทำงานเป็นทีมโดยใช้กิจกรรมสร้างความสัมพันธ์ในกลุ่มของผู้เรียน

ขั้นที่ 2 กระตุ้นให้เกิดความสนใจ เป็นขั้นของการสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน โดยการใช้กิจกรรมระดมสมอง ใช้ดนตรี หรือธรรมชาติเพื่อนำความรู้สึกของผู้เรียนให้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 เลือกหัวข้อ เป็นขั้นของการอภิปราย วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อประมวนเป็นหัวข้อของโครงงาน

ขั้นที่ 4 สร้างโครงร่างของโครงงาน เป็นขั้นวางแผนและกำหนดของเขตของโครงงาน วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน จัดเตรียมอุปกรณ์

ขั้นที่ 5 ลงมือปฏิบัติตามหัวข้อเรื่อง เป็นขั้นดำเนินตามโครงร่างของโครงงาน

ขั้นที่ 6 รายงานผลปฏิบัติงานสู่ชั้นเรียน เป็นขั้นถ่ายโยงความคิดโดยการรายงานด้วยการพูดหรือการเขียนรายงาน

ขั้นที่ 7 กระบวนการย้อนกลับ เป็นขั้นประเมินผลการเรียนรู้ทั้งกระบวนการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3.2.6 การเรียนการสอนโครงงานเป็นฐานตามแนวทางของ Kessler (1992)

การเรียนแบบโครงงานตามแนวของ Kessler เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า โครงงานแบบกลุ่มร่วมมือ (Cooperative Project) ขั้นตอนการเรียนโดยใช้โครงงานแบบกลุ่มร่วมมือมีลำดับดังนี้

ขั้นที่ 1 นักเรียนร่วมมือกันอภิปรายทั้งชั้นเรียนเกี่ยวกับหัวข้อหลัก (Topic) ในประเด็นว่ามีอะไรบ้างที่ต้องรู้เกี่ยวกับหัวข้อเรื่องที่จะทำและต้องเรียนรู้เพิ่มเติมอย่างไร

ขั้นที่ 2 แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย

ขั้นที่ 3 สมาชิกแต่ละทีมร่วมกิจกรรมสร้างทีม เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยในการทำงานเป็นทีม

ขั้นที่ 4 ทีมเลือกหัวข้อรองจากกิจกรรมในข้อที่ 1 มาทีมละ 1 หัวข้อ

ขั้นที่ 5 แต่ละทีมแบ่งสมาชิกออกเป็นกลุ่มย่อยอีก ซึ่งอาจเป็นรายเดี่ยวหรือเป็นคู่ เพื่อเลือกหัวข้อย่อยจากหัวข้อรองเพื่อทำการศึกษาต่อไป

ขั้นที่ 6 แต่ละคนหรือแต่ละคู่ทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยตามหัวข้อย่อยที่เลือกและเตรียมนำเสนอต่อทีมของตน

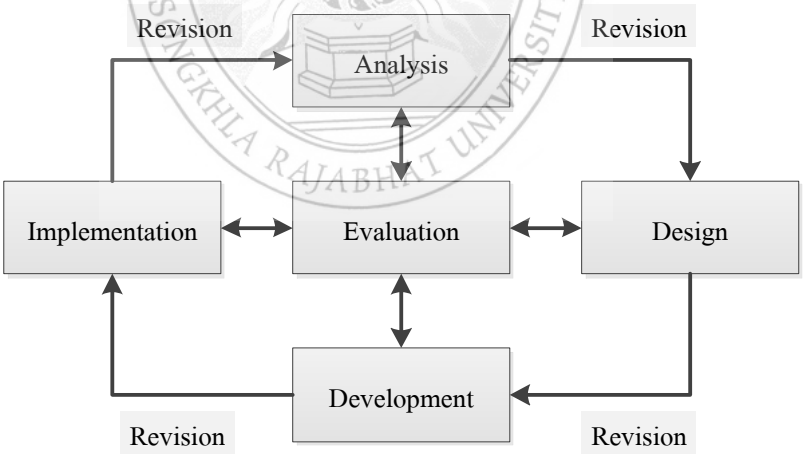
ขั้นที่ 7 นำเสนอผลการศึกษา ค้นคว้า วิจัย หัวข้อย่อย

ขั้นที่ 8 ทีมเตรียมนำเสนอเกี่ยวกับหัวข้อของทีมในชั้นเรียน

ขั้นที่ 9 ประเมินผลการนำเสนอ โดยผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นเรียน

2.3.3 กระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

การออกแบบและพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน (Instructional Design and Development) ประกอบด้วยรูปแบบและกระบวนการที่หลากหลาย เช่น AECT'S Model เป็นรูปแบบการพัฒนาการสอนที่เน้นด้านการสื่อสารและเทคโนโลยี และ ISD Model เป็นรูปแบบที่พัฒนามาจากรูปแบบการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ADDIE Model เนื่องจากกระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ADDIE Model เป็นกระบวนการที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปของนักพัฒนาออกแบบการเรียนการสอนและออกแบบการฝึกอบรม และกระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ADDIE Model นี้ ยังเป็นต้นแบบในการพัฒนากระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนอื่น เช่น Dick and Carey, Kemp ISD Model จุดเด่นของกระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ADDIE Model คือ แต่ละขั้นตอนเป็นแนวทางที่มีลักษณะที่ยืดหยุ่นเพื่อให้สามารถนำไปสร้างเป็นเครื่องมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีขั้นการวิเคราะห์ที่ครอบคลุมถึงทฤษฎีการเรียนรู้ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการออกแบบสื่อการเรียนการสอน และผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละขั้นตอนจะถูกประเมินผลและนำไปสู่การพัฒนาในขั้นตอนต่อไป (Gustafson and Branch, 2002) มีรายละเอียดของกระบวนการดังนี้




**ภาพที่ 2-2** กระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ADDIE Model

ขั้นวิเคราะห์ (Analysis) เป็นขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อกำหนดกลยุทธ์การเรียนรู้ ประกอบด้วยการวิเคราะห์ องค์ประกอบตัวบ่งชี้ทฤษฎีการเรียนรู้วัตถุประสงค์ของรูปแบบ สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ ความรู้พื้นฐานและทักษะของผู้เรียนที่จำเป็นของผู้เรียน

ขั้นออกแบบ (Design) ประกอบด้วย การออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนตามกลยุทธ์จากการสังเคราะห์ในขั้นวิเคราะห์ ออกแบบเนื้อหาและหน่วยการเรียนรู้ ออกแบบสื่อเพื่อการเรียนรู้ ออกแบบแบบประเมินผลการเรียนรู้และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ขั้นพัฒนา (Development) คือขั้นการสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ถูกออกแบบไว้ในขั้นออกแบบ ได้แก่ การหาคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน โดยประเมินความเหมาะสมของรูปแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ หาคุณภาพของแบบประเมินผลการเรียนรู้และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ขั้นดำเนินการ (Implementation) คือขั้นของการนำไปใช้ หรือเป็นการทดลองใช้เพื่อหาข้อบกพร่องและปรับปรุงก่อนนำไปทดลองใช้จริง

ขั้นประเมินผล (Evaluation) ประกอบด้วย การประเมินผลกระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน (Process) ซึ่งประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญ และประเมิลผลการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้จัดการเรียนการสอนจริง (Product) โดยการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น

**2.4 การพัฒนาเนื้อหาแบบบูรณาการ**

การปฏิรูปการศึกษาและการเรียนรู้อย่างเป็นระบบมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพ มาตรฐานการศึกษาและการเพิ่มโอกาสทางการศึกษา การเรียนรู้และส่งเสริมการมีส่วนร่วมทุกภาคส่วนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพในทุกระดับทุกประเภทการศึกษา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2542) ซึ่งต้องตรงกับคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่สำคัญในยุคศตวรรษที่ 21 คือ การเป็นนักสืบสอบแสวงหาความรู้ความสนใจใฝ่รู้ ความรู้พื้นฐาน ความรู้ในอาชีพ ความรู้โลกการศึกษา มีทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving Skills) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking Skills) ทักษะการร่วมมือ (Collaborative Skills) ทักษะการสื่อสาร (Communicative Skills) ทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ (Computing Skills) และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของการเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรม ความรับผิดชอบ ความมีวินัยในตนเอง (วิจารณ์, 2555) ชีวิตจริงซึ่งเกี่ยวข้องกับศาสตร์ที่หลากหลาย ไม่ใช่กลุ่มสาระการเรียนรู้โดยเฉพาะ จึงต้องจัดการเรียนการสอนแบบให้ตรงตามสภาพจริง เพื่อให้สามารถถ่ายโอนความรู้ไปใช้ได้จริง จึงเป็นเหตุผลของการจัดทำหลักสูตรแบบบูรณาการและการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ เป็นการขจัดความซับซ้อนของเนื้อหาในต่างศาสตร์และต่างรายวิชา การจัดเนื้อหาแบบผสมผสานทำให้เรียนรู้อย่างลึกซึ้งจากเนื้อหาที่สัมพันธ์กัน เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย สามารถนำความรู้ไปใช้ได้ ประยุกต์ความรู้ได้ เกิดการถ่ายโยงความรู้ได้ (พิมพันธ์และพเยาว์, 2555) ประเภทของการบูรณาการทางการศึกษา

แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ หลักสูตรบูรณาการ (Curriculum Integration) หมายถึงการนำเนื้อหาจากต่างศาสตร์ มาผสมผสานกันก่อนการจัดการเรียนการสอน และการบูรณาการการเรียนการสอน (Instructional Integration) หมายถึง การนำเนื้อหามาจัดการเรียนการสอนด้วยการผสมผสานวิธีการที่หลากหลาย กิจกรรมที่หลากหลายซึ่ง พิมพันธ์และคณะ (2548) ได้นำเสนอกระบวนการสร้างหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยเริ่มจากกำหนดหัวเรื่องขึ้นก่อนจากนั้นจึงเรียบเรียงเนื้อหาสาระตามหัวเรื่องและกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ หรือกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการก่อนจากนั้นจึงเรียบเรียงเนื้อหาสาระและกำหนดหัวเรื่อง ผลงานวิจัยของ ปวีณา (2551) ได้สรุปกระบวนการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ โดยเริ่มจากกำหนดประเด็นหรือหัวเรื่องของหน่วยการเรียนรู้เพื่อนำมาวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดนำมาวิเคราะห์วัตถุประสงค์การเรียนรู้จากนั้นจึงออกแบบจัดทำแผนการเรียนรู้ และผลงานวิจัยของ ทนงศักดิ์ (2551) ให้ความสำคัญกับกระบวนการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการซึ่งสรุปกระบวนการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ โดยเริ่มจาก ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรของกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่ต้องการพัฒนา กำหนดหน่วยการเรียนรู้ ออกแบบจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วัดและประเมินผลที่สอดคลองกับสาระในหน่วยการเรียนรู้ สิรจิตต์ (2556) อธิบายถึงการออกแบบและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการว่า การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงและความสนใจของผู้เรียนที่ต้องการเตรียมความพร้อมสู่โลกอาชีพ ซึ่งหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการที่มีความหมายต่อผู้เรียนนั้นต้องมีความท้าทาย น่าสนใจ และจะต้องให้ผู้เรียนมองเห็นการนำความรู้ที่เรียนไปเชื่อมโยงใช้กับสาขางานในชีวิตการทำงานจริงได้ และการออกแบบหน่วยการเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะที่จำเป็นในชีวิตจริง ประกอบกับผู้เรียนได้ฝึกตามขั้นตอนของแผนการจัดการเรียนรู้ มีกิจกรรมที่หลากหลายและการประเมินที่ชัดเจน และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ถ่ายทอดกระบวนการคิดของตนด้วยวาจาเพื่อแสดงให้เห็นชัดเจนว่าผู้เรียนมีวิธีคิดอะไร มีกลวิธีในการจัดการแก้ปัญหาอย่างไรในขณะทำกิจกรรมนั้น ๆ ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ในลักษณะที่เป็นองค์รวม จากข้อมูลและงานวิจัยดังกล่าวสามารถสรุปกระบวนการสร้างหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการดังภาพที่ 2-3

**ภาพที่ 2-3** กระบวนการสร้างหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการเนื้อหา (พิมพันธ์และพเยาว์, 2555)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ความสำคัญของการบูรณาการเนื้อหาคือ การเชื่อมโยงการเรียนรู้เนื้อหาในชั้นเรียนกับการประกอบอาชีพในชีวิตจริงที่ตรงกับสาขาที่ผู้เรียนเรียน และจากองค์ประกอบการสร้างความรู้ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้การสร้างสรรค์ด้วยปัญญาคือการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างชิ้นงาน ซึ่งการสร้างชิ้นงานนั้นจำเป็นต้องใช้ความรู้เนื้อหาที่หลากหลาย จากกระบวนการสร้างหน่วยการเรียนรู้นี้ สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ ให้สอดคล้องกับคุณลักษณะการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

**2.5 การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment)**

การจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานนั้น เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ ดังนั้นผลจากการปฏิบัติประกอบด้วยสองส่วนคือ กระบวนการเรียนรู้ และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ การประเมินการเรียนรู้ด้านกระบวนการเรียนรู้สามารถประเมินได้โดยการใช้แบบประเมินตามสภาพจริง แนวคิดการประเมินตามสภาพจริงและการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

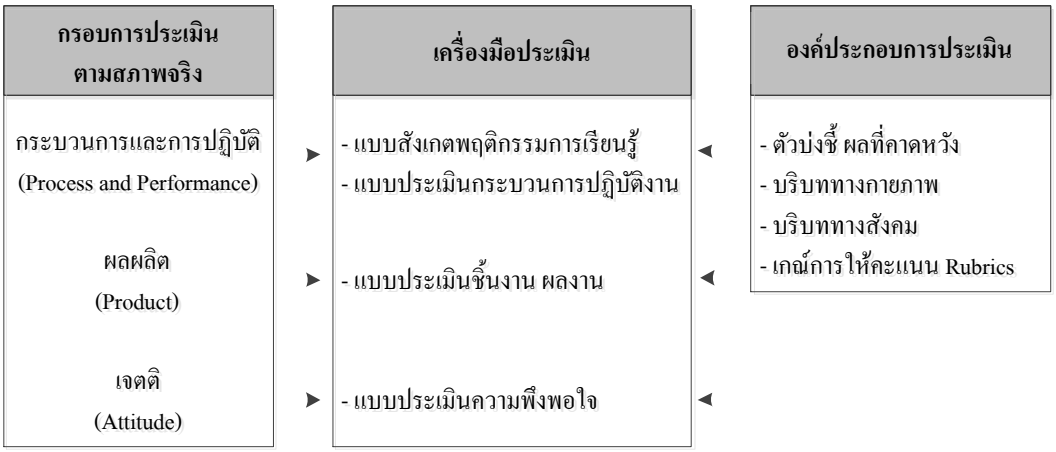
2.5.1 แนวคิดและความหมายของการประเมินตามสภาพจริง

จากแนวคิดและหลักการการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการจัดสภาพแวดล้อมให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ สร้างชิ้นงานหรือสร้างสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมาด้วยตนเอง ดังนั้นการประเมินผลโดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินตนเองในสิ่งที่ตนเองได้สร้างขึ้น เพื่อปรับปรุงและพัฒนาผลงานของตนเอง ตลอดจนปรับความรู้และความคิดของผู้เรียนเองให้ถูกต้องเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการจัดการเรียนการสอน และการประเมินแบบประเพณีนิยม (Traditional test) เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการประเมินเท่านั้น Cole, et al.(2000) ได้เสนอว่า การประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ตรงกับสภาพของความเป็นจริงเป็นการประเมินที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ในชีวิตจริง และการสอนตามแนวทฤษฎีนี้เหมาะสมกับการประเมินตามสภาพจริงมากที่สุด เนื่องจากผลงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้นสามารถสะท้อนให้เห็นถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคุณลักษณะต่าง ๆ ของผู้เรียน นักการศึกษาได้ให้ความหมายของการประเมินตามสภาพจริงดังนี้ Pearson Education Development Group (2001) ให้ความหมายของการประเมินตามสภาพจริงว่า เป็นกระบวนการประเมินความสามารถของผู้เรียนในบริบทที่เหมือนชีวิตจริง ผู้เรียนจะเรียนรู้ถึงการใช้ทักษะในการทำงาน การประเมินตามสภาพจริงจะเน้นการประเมินทักษะในการวิเคราะห์ ความสามารถในการทำงานร่วมกัน และทักษะที่แสดงออกโดยการเขียนและการพูด ผลผลิตของการประเมินตามสภาพจริงคือกระบวนการเรียนรู้ Hart (1994) ให้ความหมายของการประเมินตามสภาพจริงว่า เป็นการประเมินที่สะท้อนให้เห็นถึงการปฏิบัติงานจริงของผู้เรียนในสถานการณ์จริง โดยอยู่ในรูปของการบูรณาการความรู้และทักษะเข้าด้วยกัน การประเมินลักษณะนี้ไม่ใช่การทดสอบแบบเดิม ๆ แต่เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ ศิริชัย (2543) ให้ความหมายของการประเมินตามสภาพจริงว่า เป็นกระบวนการที่เน้นการประเมินการปฏิบัติตามสภาพจริง โดยสามารถใช้แฟ้มสะสมงานช่วยส่งเสริมสนับสนุนกิจกรรมการเรียนการสอนและผลงานนั้นสามารถสะท้อนให้เห็นถึงความรู้ความสามารถและทักษะของผู้เรียนได้ สมศักดิ์ (2544) ให้ความหมายของการประเมินตามสภาพจริงว่า เป็นทางเลือกใหม่ของการประเมิน เป็นการประเมินที่ใช้เทคนิคการประเมินอย่างหลากหลาย เพื่อตรวจสอบคุณภาพ

ของงานและกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน การประเมินดังกล่าวต้องอาศัยหลักการที่ว่าผู้เรียนต้องมีการลงมือทำหรือปฏิบัติ หรือแสดงออกให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจ ทักษะการเรียนรู้ตลอดจนแสดงให้เห็นถึงกระบวนการหรือวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนใช้ กล่าวโดยสรุปว่า การประเมินตามสภาพจริงหมายถึง การประเมินที่ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นการประเมินกระบวนการปฏิบัติงานหรือกระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียนที่สะท้อนให้เห็นถึงทักษะการเรียนรู้จากการลงมือทำ ส่วนที่ 2 เป็นการประเมินผลงานหรือชิ้นงาน ที่สะท้อนให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจ ตลอดจนเจตคติในการปฏิบัติงาน โดยทั้ง 2 ส่วนนี้ผู้เรียนแสดงออกให้เห็นจากการเขียนรายงาน การนำเสนอด้วยวาจา

2.5.2 การออกแบบการประเมินตามสภาพจริง

สมศักดิ์ (2544) นำเสนอกรอบที่ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการประเมินตามสภาพจริง ประกอบด้วย ผลที่คาดหวัง (Outcomes) ดัชนีตัวบ่งชี้ผลที่คาดหวัง (Outcome Indicators) การจัดโอกาสการเรียนรู้ (Learning Opportunities) งาน (Assessment Task) และเกณฑ์การให้คะแนนและรูบริคส์ (Scoring Criteria and Rubrics) ทั้ง 5 องค์ประกอบนี้ครอบคลุมการประเมินใน 3 ด้าน คือ การปฏิบัติ (Performance) กระบวนการ (Process) และผลผลิต (Product) การนำเสนอกรอบแนวคิดการออกแบบการประเมินผลตามสภาพจริงของ Gulikers, Bastiaens and Kirschner (2004) ภายใต้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามสภาพจริง (Authentic Instruction) ที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบคือ บริบททางกายภาพ (Physical Context) ในสถานการณ์จริงที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ทักษะความรู้ที่หลากหลายในการฝึกปฏิบัติงานจริง บริบททางสังคม (Social Context) ในสถานการณ์จริงที่ผู้เรียนจำเป็นต้องร่วมมือกันในการปฏิบัติงาน ผลการประเมินที่คาดหวัง (Assessment Result or Form) เป็นผลที่คาดหวังจากบริบททางกายภาพและบริบททางสังคม เกณฑ์และมาตรฐาน (Criteria and Standards) เป็นเกณฑ์การให้คะแนน และการประเมินงานจริง (Authentic Assessment Task) เป็นการประเมินจากงานจริง เช่นเดียวกับ พิมพันธ์และพเยาว์ (2555) ได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาแบบประเมินตามสภาพจริงเน้นการประเมินใน 3 ด้านคือ ด้านความรู้ (Knowledge) คือ ความรู้ ความเข้าใจ มโนทัศน์ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย แบบทดสอบ แบบสัมภาษณ์ และแบบสังเกต ด้านทักษะปฏิบัติ (Practice) คือ ทักษะการคิด การวิเคราะห์ สังเคราะห์ สื่อสาร ทักษะการทำงานกลุ่ม การปฏิบัติทดลอง ทักษะทางสังคม เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย แบบวัด แบบสังเกต แบบประเมิน และด้านเจตคติ (Attitude) คือลักษณะอันพึงประสงค์ เครื่องมือที่ใช้ประเมินคือ แบบประเมินโดยใช้เกณฑ์แบบมิติคุณภาพ (Rubrics Scoring) จากข้อมูลของงานวิจัยที่กล่าวมานี้ สามารถสรุปกรอบแนวคิดการออกแบบแบบประเมินตามสภาพจริงดังภาพที่ 2-4




**ภาพที่ 2-4** กรอบแนวคิดการออกแบบแบบประเมินตามสภาพจริง

จากกรอบแนวคิดการออกแบบแบบประเมินตามสภาพจริง สรุปขั้นตอนการออกแบบแบบประเมินเริ่มจาก (1) ศึกษาข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้องค์กรอบการประเมินตามสภาพจริงคือ การประเมินกระบวนการและการปฏิบัติ (Process and Performance) การประเมินผลผลิตชิ้นงานหรือผลงาน (Product) และการประเมินเจตคติ (Attitude) (2) วิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อหาองค์ประกอบการประเมิน (3) ออกแบบแบบประเมิน และ (4) ออกแบบเกณฑ์การประเมินและ Rubrics

## 2.6 เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System Technology)

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว สังเกตได้จากเครื่องใช้ต่าง ๆ มีขนาดที่เล็กลง มีฟังก์ชั่นการใช้งานที่มากขึ้น อายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น ประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น อำนวยความสะดวกสบายให้แก่มวลมนุษย์อย่างเห็นได้ชัด เช่น เครื่องซักผ้าระบบดิจิตอล เครื่องปรับอากาศ โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น โดยเฉพาะโทรศัพท์มือถือที่รวมเอากล้องถ่ายรูป กล้องถ่ายวีดีโอ ส่งทั้งภาพและเสียง และสามารถสื่อสารได้รอบโลก โดยส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งในการพัฒนาเทคโนโลยีนี้คือ ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยให้ประสิทธิภาพของเครื่องใช้ต่าง ๆ ทำงานได้ตามที่ผู้ออกแบบกำหนด

### 2.6.1 ความสำคัญของเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว

ระบบสมองกลฝังตัวคือ ระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในงานควบคุมรวมถึงการแสดงผลการทำงานต่าง ๆ โดยระบบเหล่านี้ถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบและอุปกรณ์ควบคุม เครื่องมือเครื่องจักร โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นหัวใจสำคัญในการทำงานของระบบ คณะวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย Alabama (UA) ให้บรรจุเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวเป็นหลักสูตรหนึ่งในโปรแกรม

วิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์โดยให้เหตุผลสำคัญว่า ระบบสมองกลฝังตัวเป็นที่นิยมในตลาดดิจิตอล เป็นกุญแจสำคัญของเทคโนโลยีการเคลื่อนไหวด้วยตัวเองของเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรม มีขนาดเล็ก เป็นเครื่องจักรที่ใช้แทนคนงานในอุตสาหกรรม ใช้ในระบบอุตสาหกรรมสื่อสาร และสื่อสารทางไกล และมหาวิทยาลัย Alabama มีความสนใจและต้องการปรับปรุงหลักสูตรระบบสมองกลฝังตัวให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีท้องถิ่นอีกด้วย (Kenneth, Jackson and William, 2008) รายงานสารสนเทศเชิงวิเคราะห์ เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว ทำการรวบรวมเอกสารสิทธิบัตร และเอกสารผลงานวิจัยตีพิมพ์เรื่อง เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว จากแหล่งความรู้วิชาการแบบบริการออนไลน์ที่สำคัญ รวม 5 แหล่งคือ Delphion Patent, Espacenet EP Patent, IEEEXplore, ISI : Web of Science และ Elsevier Scopus สรุปเอกสารสิทธิบัตรพบว่าบริษัทผู้นำที่ได้รับสิทธิบัตรได้แก่บริษัท IBM, Samsung, Microsoft, Cannon และ LG Electronic มีจำนวนสิทธิบัตรที่ยื่นขอและได้รับการอนุมัติเพิ่มขึ้นทุกปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 มีจำนวน 20 เรื่องและในปี ค.ศ. 2008 มีจำนวน 100 เรื่อง ส่วนเอกสารวิจัยตีพิมพ์จาก 3 แหล่ง ผลการวิเคราะห์พบว่ามีจำนวนบทความวิจัยเพิ่มขึ้นทุกปี แสดงบทความวิจัยที่ได้รับการอ้างอิงสูงสุด ตีพิมพ์ในวารสาร Nature ปี ค.ศ. 2004 และเป็นบทความวิจัยในหมวดหมู่ตามระบบของ ISI เรื่อง Instrument และ Instrumentation ได้รับการตีพิมพ์สูงสุด โดยมีประเทศผู้นำการวิจัยคือ สหรัฐอเมริกา เยอรมนี ฝรั่งเศส อิตาลีและสเปน (รังสิมา, 2553)

2.6.2 หลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว

ในด้านการจัดการศึกษาระบบสมองกลฝังตัวนั้น การออกแบบและการพัฒนาหลักสูตรส่วนใหญ่จะได้รับอิทธิพลมาจากความก้าวหน้าของนวัตกรรม เทคโนโลยีและงานวิจัย ซึ่งตอบรับกับความต้องการของอุตสาหกรรมและผู้เรียน เน้นการออกแบบและการปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะที่หลากหลาย มีการเชื่อมโยงเนื้อหาระหว่างรายวิชาที่สัมพันธ์กันเพื่อลดจำนวนรายวิชาในหลักสูตร จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปรายวิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรดังนี้ History and Overview, Embedded Microcontrollers, Embedded Program, Real-Time Operating System, Low-Power Computing, Reliable System Design, Design Methodologies, Tool Support, Embedded Multiprocessors, Networked Embedded System, Interfacing and Mixed-Signal System การเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ขึ้นอยู่กับความถนัดของผู้สอนและการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานมีทั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC, MCS51, AVR, ARM, PSOC, MSP, 68HC, RABBIT, Z80 อย่างไรก็ตามความพยายามที่จะสอนระบบสมองกลฝังตัวให้อยู่ในหน่วยการเรียนเดียวกันเป็นเรื่องยาก ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการเรียนรู้แบบสหสาขาวิชา (Multidisciplinary) เนื่องจากการออกแบบระบบสมองกลฝังตัวนั้นจำเป็นต้องมีความรู้และทักษะต่อไปนี้ Microcontrollers and Computer Architecture, Digital Electronic Design, Software Engineering, Data Communication,

Control Engineering, Motor and Actuators, Sensors and Measurements, Analog Electronic Design, IC Design and Manufacture, Programming and Program Modeling Skill, Hardware and Software Co-design ซึ่งความรู้และทักษะเหล่านี้จะต้องใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ในการออกแบบระบบสมองกลฝังตัว เช่น ความรู้ด้านวิศวกรรมควบคุมจำเป็นในการใช้ออกแบบระบบควบคุม หรือความรู้ด้าน Analog Electronic Design จะต้องใช้เมื่อต้องออกแบบ System Interfaces (Gajski, et al., 2004) (Hsu and Liu W-C, 2004) (Ricks, Jackson and Stapleton, 2008) จากการสำรวจการจัดการศึกษาระบบสมองกลฝังตัวในประเทศไทย พบว่ายังไม่มีหลักสูตรระบบสมองกลฝังตัว แต่มีวิชาระบบสมองกลฝังตัวบรรจุอยู่ในหลักสูตรวิศวกรรมของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และหลักสูตรฝึกอบรมของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ซึ่งมีเนื้อหาการเรียนการสอนและการฝึกอบรมคือ สถาปัตยกรรมของคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ การออกแบบวงจรดิจิตอล วิศวกรรมซอฟต์แวร์ การสื่อสารข้อมูล วิศวกรรมควบคุม มอเตอร์และ Actuators การวัดและควบคุม การออกแบบวงจรอนาล็อก การออกแบบและการผลิต IC การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะขึ้นอยู่กับความถนัดของผู้สอน ส่วนใหญ่จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC และ MCS51 (วิชาญ, 2554) นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของโรงเรียนนายเรือใช้สำหรับการเรียนการสอนการออกแบบและทดสอบระบบช่วยให้ผู้เรียนสามารถทดสอบและออกแบบระบบได้ง่ายและเร็วขึ้นโดยไม่ต้องเขียนโปรแกรม พัฒนาโดยการใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ร่วมกับ RapidSTM 32 Blockset ซึ่งเป็นโปรแกรมกราฟฟิค (Graphical Program) (กองบรรณาธิการ, 2554)

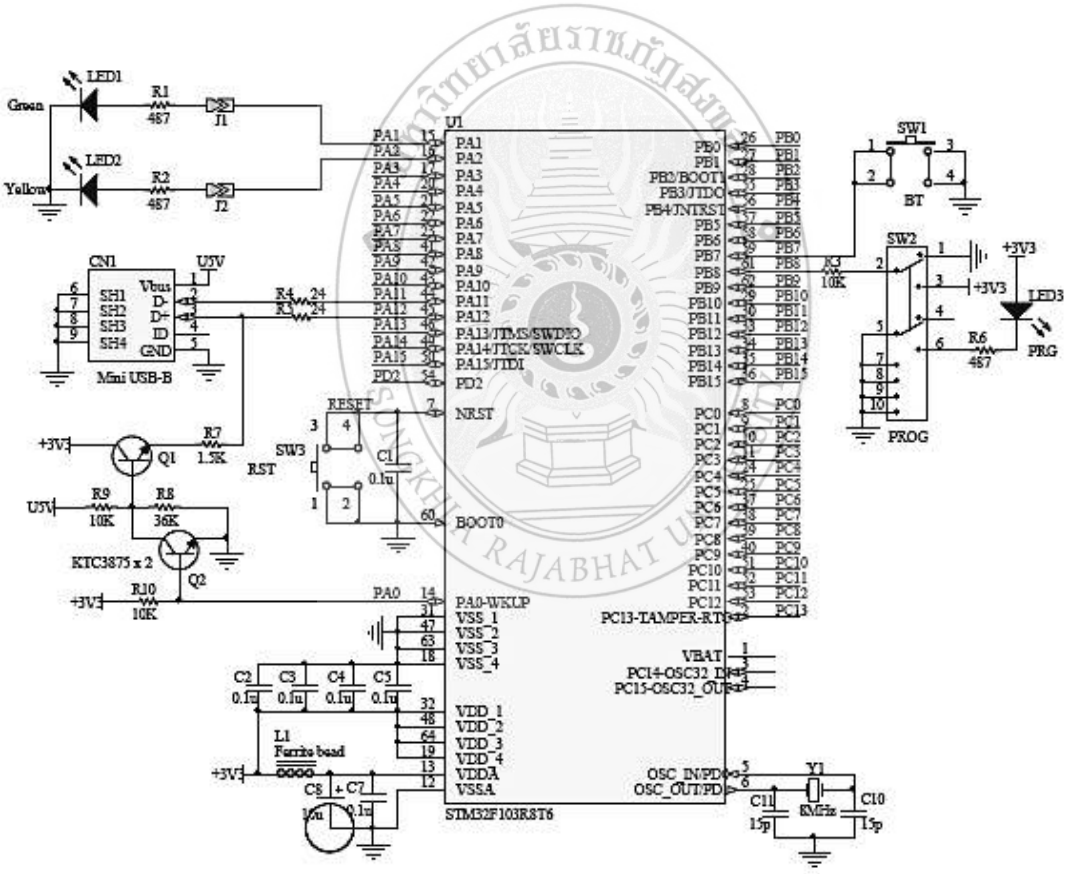
2.6.3 Fio บอร์ดและ RapidSTM32 Blockset

การใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยทั่วไปต้องใช้โปรแกรมสร้าง Source Code ที่เป็น .c และต้องผ่านกระบวนการคอมไพล์ (Compile) เพื่อให้ได้ไฟล์ที่เป็น .hex และต้องใช้โปรแกรมเพื่อดาวน์โหลดไฟล์ที่เป็น .hex ไปใช้กับบอร์ด ลักษณะของการปฏิบัติงานดังกล่าวนี้ ถ้าผู้เรียนไม่มีประสบการณ์ในการสร้าง Source Code และกระบวนการคอมไพล์ไม่ผ่าน (Error) จะทำให้เสียเวลาในชั้นเรียนอย่างมาก และถ้าลักษณะงานมีความซับซ้อนมากขึ้นผู้เรียนก็ต้องเสียเวลาไปกับการแก้ Source Code มากขึ้น (กองบรรณาธิการ, 2554) เป็นเหตุผลในการนำ Fio บอร์ดมาพัฒนาเป็นสื่อและเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เป็นสร้างความรู้ด้วยตนเอง เนื่องจาก Fio บอร์ดใช้งานร่วมกับ Rapidstm 32 Blockset เป็นโปรแกรมภาษารูปภาพ (Graphical Program) ซึ่งติดตั้งใช้งานในโปรแกรม Simulink ของโปรแกรม Matlab ใช้กลไก Code Generation เพื่อแปลงชุดกล่องคำสั่งแบบรูปภาพเป็น Code คอมไพล์และดาวน์โหลดโปรแกรมลงบอร์ดโดยอัตโนมัติ สามารถลดเวลาในการสร้าง

Source Code และช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายขึ้น และกระบวนการของระบบยังสามารถผลิต Source Code (Generate Source Code) เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การเขียน Source Code และนำไปประยุกต์ใช้งานกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น ๆ ตามความสนใจของผู้เรียนได้อีกด้วย

2.6.4 โครงสร้างของ Fio บอร์ด Fio บอร์ด

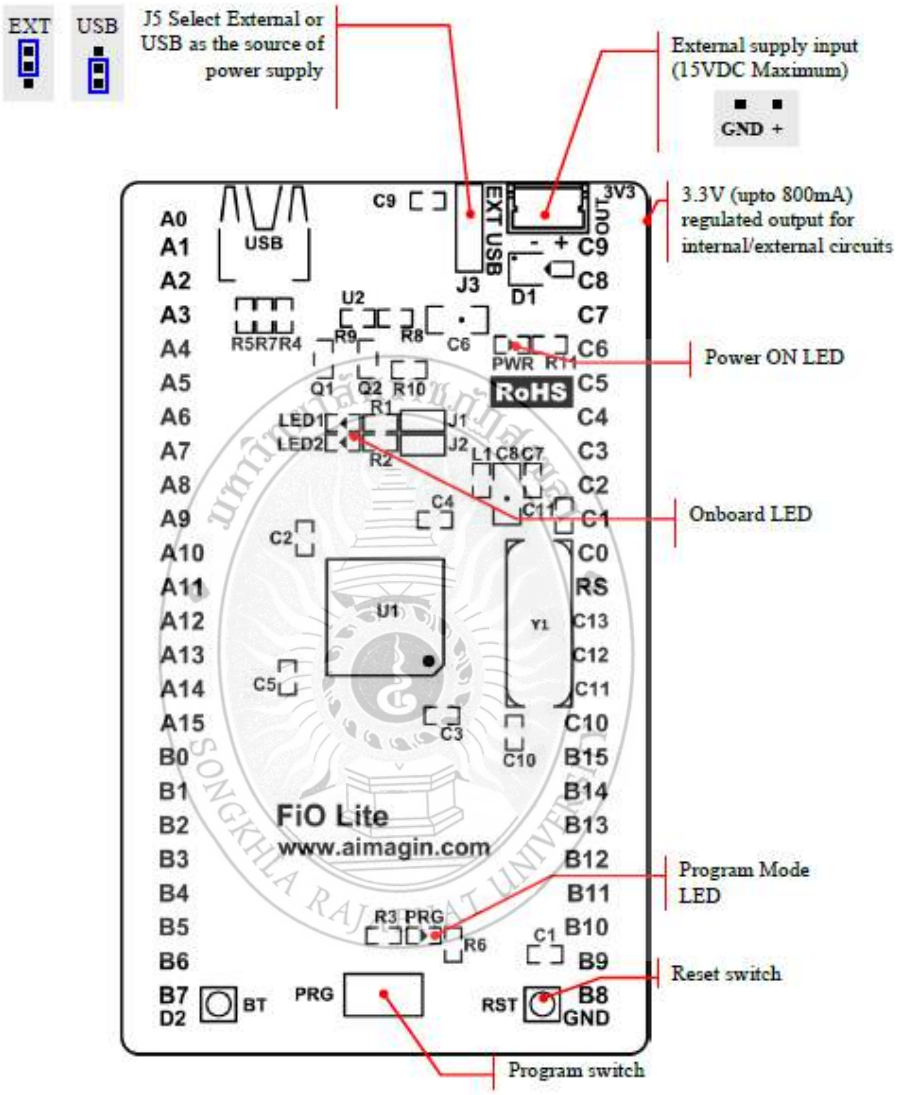
โครงสร้างของ Fio บอร์ด Fio บอร์ด เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Aimagin ปัจจุบันมี 2 รุ่นคือ Fio Standard และ Fio Lite ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM สถาปัตยกรรม 32-bits ARM Cortex-M3 รุ่น STM32F103R8 ซึ่งจะใช้งานร่วมกับ Rapidstm 32 Blockset ในโปรแกรม Matlab/simulink โดยมีแผนภาพวงจรดังภาพที่ 2-5




**ภาพที่ 2-5** แผนภาพวงจรของ Fio บอร์ด รุ่น Fio Lite

จากภาพที่ 2-5 แสดงพอร์ตเอนกประสงค์ (GPIO : General Purpose Input/Output) ของ Fio บอร์ด รุ่น Fio Lite มีทั้งหมด 51 GPIO บางพอร์ตได้ถูกใช้งานไปแล้ว เช่น PA1 และ PA2 ถูกกำหนดให้เป็น Digital Output ซึ่งต่ออยู่กับ LED สีเขียวและสีเหลือง และพอร์ต PA0 PA11 และ PA12

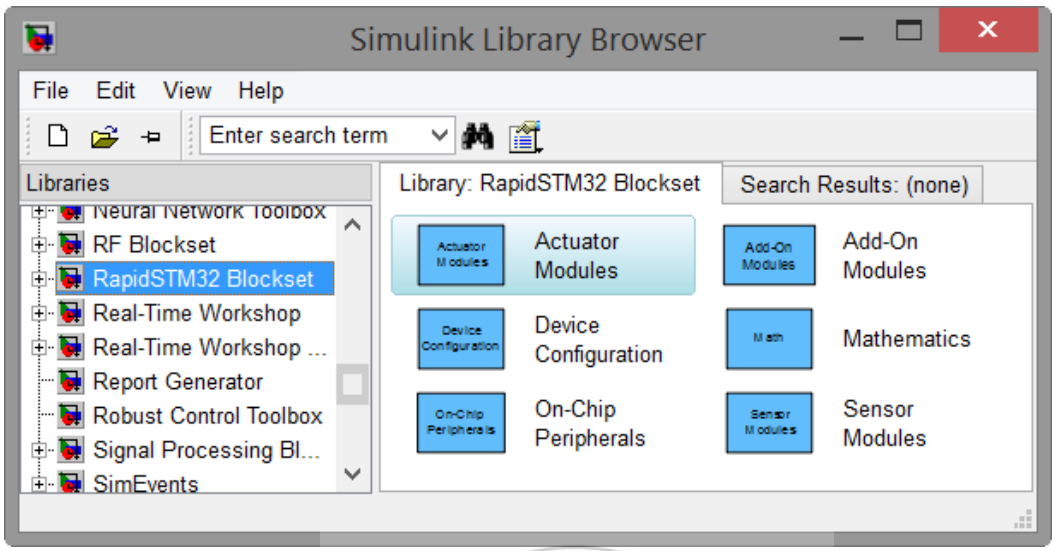
ต่อใช้งานอยู่กับสาย USB เพื่อติดต่อสื่อสาร (USB Interface) ระหว่างคอมพิวเตอร์ (PC) กับบอร์ด สำหรับโครงสร้างและคุณสมบัติของ Fio บอร์ด รุ่น Fio Lite แสดงดังภาพที่ 2-6



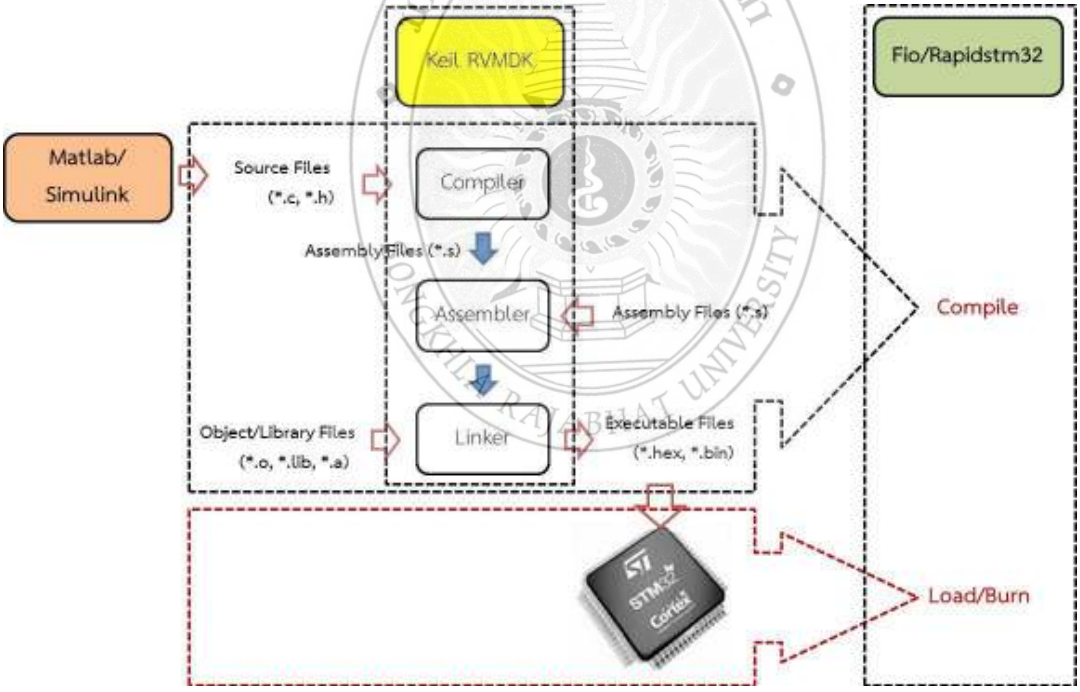

**ภาพที่ 2-6** คุณสมบัติของ Fio บอร์ด

2.6.5 โปรแกรม Rapidstm 32 Blockset

Rapidstm 32 Blockset เป็นโปรแกรมภาษารูปภาพ (Graphical Programing) ซึ่งติดตั้งใช้งานในโปรแกรม Simulink แสดงดังภาพที่ 2-7 ของโปรแกรม Matlab ใช้กลไก Code Generation เพื่อแปลงชุดกล่องคำสั่งแบบรูปภาพเป็น Code คอมไพล์ผ่านโปรแกรม Keil และดาวน์โหลดโปรแกรมลงบอร์ดโดยอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 2-8




**ภาพที่ 2-7** โปรแกรม RapidSTM 32 Blockset




**ภาพที่ 2-8** กลไกการทำงานของ Rapidstm 32 blockset

Fio บอร์ดต้องใช้งานกับ Rapidstm 32 Blockset ซึ่งต้องติดตั้งใน Libraries Simulink ของโปรแกรม Matlab เวอร์ชัน 32-bits และสามารถใช้งานได้กับระบบปฏิบัติการ Windows XP, Windows Vista, Windows 7 ทั้ง 32-bits และ 64-bits และต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ต่อไปนี้เพื่อรองรับความต้องการการใช้งานของระบบ

1. Microsoft .NET Framework 3.5 หรือเวอร์ชันใหม่กว่า สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจาก http://www.microsoft.com/net

2. Rapidstm32 Blockste สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจาก http://www.aimagin.com/download/

3. Keil RealView MDK for ARM เวอร์ชัน 4.0 หรือใหม่กว่า สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจาก http://www.keil.com/demo/eval/arm.htm

4. MATLAB 32-bits เวอร์ชัน 2009a หรือเวอร์ชันใหม่กว่า

5. Simulink 2009 หรือเวอร์ชันใหม่กว่า

6. Real-Time Workshop Embedded Coder 2009 หรือเวอร์ชันใหม่กว่า

7. Real-Time Workshop 2009 หรือเวอร์ชันใหม่กว่า

## 2.7 สรุปการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารตำราและทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน กล่าวคือ ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานนั้น ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ผ่านการออกแบบ การลงมือทำ การลงมือปฏิบัติ และสร้างผลงานต่าง ๆ จากความรู้และความเข้าใจของตนเอง ตลอดจนการประเมินกระบวนการเรียนรู้ที่สะท้อนออกมาจากผลงานของผู้เรียนให้เห็น การเกิดการเรียนรู้ กระบวนการคิด และเจตคติของผู้เรียน ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นต่าง ๆ ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.8.1 การจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

การจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน จากการทบทวนงานวิจัยของ Hooper (1996) เรื่องการเรียนรู้ตามแนวการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ในโรงเรียนศูนย์กลางชุมชนชาวแอฟริกัน ทำการวิจัยศึกษาแบบกรณีศึกษา (Case Study) ถึงกระบวนการเรียนรู้ของเด็กอายุ 8-11 ปี จำนวน 6 คน การจัดการเรียนการสอน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 45 นาทีถึง 2 ชั่วโมง ใช้ผู้สอนผู้สอน 2 คน เป็นผู้จัดสถานการณ์การเรียนรู้และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยการแก้ปัญหา งานวิจัยของ Bruckman (1997) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวอย่างเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่เป็นทางเลือกในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมที่เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า MOOSE Crossing โปรแกรมนี้ถูกออกแบบมาเพื่อสร้างชุมชนและสิ่งแวดล้อมแห่งการเรียนรู้ในชุมชนและพัฒนาโปรแกรมดังกล่าวแบบบูณาการให้เข้ากับบทเรียนการเรียนรู้ในชุมชน นำไปใช้กับผู้เรียนอายุ 8-13 ปี วิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนจำนวน 7 คน งานวิจัยของ กมลวรรณ (2547) เรื่องการพัฒนา

กระบวนการจัดทำแฟ้มสะสมงานเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานแบบเต็มรูปแบบในโรงเรียนดรุณสิขาลัย พัฒนากระบวนการจัดแฟ้มสะสมงานโดยศึกษาทบทวนวิธีการจัดทำแฟ้มสะสมงานแบบต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วเพื่อสังเคราะห์หาองค์ประกอบรวมพัฒนากระบวนการจัดทำแฟ้มสะสมงานประกอบด้วย 8 ขั้นตอน และงานวิจัยของ ณัฐกฤตาและสาโรช (2556) เรื่องการวิจัยการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บตามแนวคิดการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยเลือกใช้เนื้อหาวิชาสุขภาพส่วนบุคคลในการทำวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี

จากการทบทวนงานวิจัยที่กล่าวมานี้พบว่า เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ผ่านรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นและการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบนพื้นฐานทฤษฎีการเรียนรู้ กระบวนการพัฒนาเริ่มจาก การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาองค์ประกอบในการออกแบบรูปแบบการเรียนการสอน พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนจากองค์ประกอบที่สังเคราะห์ขึ้น พัฒนาเนื้อหาบทเรียน และศึกษาการผลการใช้บทเรียนและรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น การยืนยันคุณภาพของรูปแบบที่สร้างขึ้นจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นและเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 ทั้งนี้งานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น เป็นการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในระดับประถมศึกษา และระดับปริญญาตรีที่ใช้เนื้อหาด้านสุขศึกษา อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยที่พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนและการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานมาใช้กับการจัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมการศึกษาในระดับปริญญาตรี

2.8.2 สื่อการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

การจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน เป็นการจัดการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ การสร้างชิ้นงาน การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานนั้นต้องออกแบบเนื้อหาสาระที่ใช้กับสื่อให้เหมาะสมกับระดับการศึกษาของผู้เรียน งานวิจัยของ สุชิน (2544) เรื่องการจัดกระบวนการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานในประเทศไทย ได้สรุปเครื่องมือที่ได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับการส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีนี้ได้แก่ (1) โปรแกรมภาษา Logo เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งมีการพัฒนาออกมาแล้วหลายรุ่นโดยมีเต่าเป็นสื่อช่วยคิด (2) LEGO-Logo เป็นเครื่องมือที่พัฒนามาจาก MicroWorlds Logo โดยเพิ่มเติมอุปกรณ์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างหุ่นยนต์แบบต่าง ๆ ได้และเรียนรู้สาระสำคัญทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งต่อมาโปรแกรมนี้ได้ถูกพัฒนาให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น มอเตอร์ เซ็นเซอร์ เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการควบคุมหุ่นยนต์เบื้องต้น (3) Photo/Camera Journalism เป็นการใช้กล้องดิจิตอลเพื่อแสดงความคิดเห็นด้วยภาพ (4) Electronic Magazine/Newspaper เป็นการร่วมมือกันสร้างสื่อแสดงความคิด

และความเป็นจริงผ่านวารสารหรือหนังสือพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ และ (5) E-Commerce เป็นการถ่ายทอดภูมิปัญญาและผลผลิตของชุมชนผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ งานวิจัยของ เจษฎา, วัชรวลี และสุนทร (2552) ได้ทำวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ทฤษฎีทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานด้วยโรโบมายด์ (RoboMind) สำหรับการเรียนเขียนโปรแกรม งานวิจัยของ Roe and Beynon (2004) ได้สร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Modelling) ของเครื่องตรวจจับลำแสง (Beam Detector) โดยใช้แนวคิดของโปรแกรมภาษา Logo เป็นพื้นฐานในการพัฒนา ซึ่งโปรแกรมจำลองนี้ช่วยส่งเสริมในการเรียนรู้เกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตและเกี่ยวกับวิชาตรีโกณมิติ งานวิจัยของ Hooper (1996) ใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรม Microworlds เป็นเครื่องมือช่วยสร้างผลงานให้ผู้เรียน แล้วสังเกตพฤติกรรมการสร้างผลงานต่าง ๆ ตามกระบวนการและแผนที่ผู้วิจัยวางไว้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน เมื่อพิจารณาประเภทของสื่อสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้ (1) การใช้คอมพิวเตอร์และประแกรมคอมพิวเตอร์ให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานเป็นแบบจำลอง ส่งเสริมกระบวนการคิดและความคิดสร้างสรรค์ เช่น โปรแกรมภาษา Logo โปรแกรมโรโบมายด์ และ E-commerce ชิ้นงานของผู้เรียนที่สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างความรู้คือ การเขียนโปรแกรม Logo แสดงเป็นรูปภาพต่าง ๆ เช่น รูปเป็ด รูปปลา เป็นการสร้างความรู้แบบบูรณาการระหว่างคณิตศาสตร์กับศิลปะ (2) การใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก ผู้เรียนสามารถชิ้นงานที่จับต้องได้และใช้คำสั่งโปรแกรมให้อุปกรณ์เคลื่อนที่ตามต้องการ เช่น โปรแกรม LEGO-Logo โปรแกรม MicroWorlds Logo ชิ้นงานที่สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างความรู้คือ การต่อตัว LEGO เป็นหุ่นยนต์และการเขียนโปรแกรม Logo หรือโปรแกรม MicroWorlds Logo ให้หุ่นยนต์ LOGO เคลื่อนที่ตามต้องการ และ (3) สื่อที่ไม่ใช้คอมพิวเตอร์ใช้อุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไป เช่น การก่อปราสาททราย การใช้กล่องถ่ายภาพเพื่อแสดงความคิด กล่าวโดยสรุปว่า การพัฒนาสื่อที่นำมาใช้กับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานนั้น ช่วยส่งเสริมจินตนาการของผู้เรียนให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ สามารถแสดงความคิดที่เป็นนามธรรมของผู้เรียนให้ออกมาเป็นรูปธรรมได้ ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมเชื่อมโยงกับสิ่งที่คิดจะทำและลงมือทำให้เกิดความรู้ใหม่ขึ้นได้ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้แบบบูรณาการกับศาสตร์ที่หลากหลายเหมาะสมกับวัยหรือระดับการศึกษาของผู้เรียน อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยใดที่พัฒนาเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวมา (Embedded System Technology) ใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยการพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน เรื่องการวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนาร่วมกับกระบวนการออกแบบ ADDIE Model ประกอบด้วย ขั้นวิเคราะห์ (Analysis) ขั้นออกแบบ (Design) ขั้นพัฒนา (Development) ขั้นนำไปใช้ (Implement) และขั้นประเมินผล (Evaluation) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 3.1 ขั้นวิเคราะห์ (Analysis)

ในขั้นวิเคราะห์นี้ประกอบด้วย การวิเคราะห์เนื้อหารายวิชา ผู้วิจัยใช้เนื้อหารายวิชาตามคำอธิบายรายวิชาในหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา การวิเคราะห์รูปแบบการเรียนการสอน ผู้วิจัยใช้รูปแบบการเรียนการสอน ICAE Model (วิชาญ, 2558) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ออกแบบตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน การสังเคราะห์ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน เพื่อศึกษาองค์ประกอบลักษณะเฉพาะจากจัดการเรียนการสอนและตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะการวิเคราะห์กลยุทธการจัดการเรียนรู้ เป็นกรอบแนวคิดและแนวทางการออกแบบและพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ และเครื่องมือประเมินผลการเรียนรู้ การวิเคราะห์เนื้อหาและสื่อการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับบริบทการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

3.1.1 คำอธิบายรายวิชา การวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม

ศึกษาพื้นฐานการวัดและควบคุม สัญลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม การวัดตัวแปรต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ระดับการไหล ฯลฯ สัญญาณมาตรฐานที่ใช้ในการควบคุม การควบคุมกระบวนการด้านอุตสาหกรรม ระบบการควบคุมอัตโนมัติ และการควบคุมแบบ PID ฝึกปฏิบัติการวัดและการควบคุมกระบวนการ

3.1.2 การวิเคราะห์เนื้อหาและสื่อการเรียนการสอนระบบควบคุม

จากการสำรวจทัศนคติของนักศึกษาจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยี

อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ในช่วงภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ที่มีความคิดเห็นต่อการเรียนวิชาการวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรมในสภาพปัจจุบัน ด้านเนื้อหาและสื่อการเรียนการสอนพบว่า เป็นรายวิชาที่มีเนื้อหาที่น่าสนใจแต่มีเนื้อหาค่อนข้างยากในขณะเดียวกันที่มีสื่อน้อยมากที่ช่วยให้สร้างความเข้าใจในทฤษฎีด้วยตนเอง ดังตารางที่ 3-2 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dong-Jin (2005) กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับระบบควบคุมเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยาก ต้องมีความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมาใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบ สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสอนการออกแบบทดสอบและวิเคราะห์ระบบ ได้แก่ โปรแกรม MATLAB โปรแกรม LabVIEW และโปรแกรม Scilab (Alis, Younes and Alsabbah, 2011) (Babuska and Stramigioli, 1999) (Grzegorz, Tomasz and Andrzej, 2008) นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของโรงเรียนนายเรือใช้สำหรับการเรียนการสอนการออกแบบและทดสอบระบบ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถทดสอบและออกแบบระบบได้ง่ายและเร็วขึ้นโดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมพัฒนาโดยการใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ร่วมกับ Waijung Blockset ซึ่งเป็นโปรแกรมภาษากราฟฟิค (Graphical Programming) อย่างไรก็ตามการออกแบบระบบควบคุมนอกจากจะใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมและคณิตศาสตร์แล้ว ผู้เรียนจำเป็นต้องมีทักษะความรู้ทางด้าน เซ็นเซอร์ที่ใช้ในระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ การเขียนโปรแกรมออกแบบทดสอบและวิเคราะห์ระบบควบคุมเพื่อใช้ในการออกแบบระบบควบคุมอีกด้วย (ศุภชัย และคณะ, 2555) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนทฤษฎีระบบควบคุมนั้น จำเป็นต้องออกแบบสื่อที่สามารถแสดงผลตอบสนองของระบบควบคุมแบบต่าง ๆ รวมทั้งกระบวนการในการออกแบบระบบควบคุม เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงทักษะการเรียนรู้ระหว่างทฤษฎีและปฏิบัติได้

ผลการศึกษาสภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนการสอนของนักศึกษาระดับ วิชาระบบควบคุมด้านทรัพยากรสนับสนุนการศึกษาพบว่า หนังสือเอกสารตำราที่เกี่ยวข้องมีความเพียงพอ สำหรับโปรแกรมช่วยสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองพบว่ามีจำนวนน้อย สำหรับด้านห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ สื่อการสอนและชุดทดลองมีจำนวนไม่เพียงพอ แต่จากการใช้สื่อและชุดทดลองที่มีอยู่สามารถช่วยให้เข้าใจทฤษฎีได้มากขึ้น แสดงดังตารางที่ 3-1

**ตารางที่ 3-1** ผลการศึกษาสภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนการสอนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี วิชาระบบควบคุม

| ข้อที่ | ปัจจัย | $\bar{X}$ | SD | ความคิดเห็น |
|---|---|---|---|---|
| **การจัดการศึกษา : หลักสูตรรายวิชา** | | | | |
| 1 | ระดับความยากของเนื้อหา | 2.95 | 0.21 | มาก |
| 2 | ความน่าสนใจของเนื้อหา | 2.52 | 0.59 | มาก |
| 3 | ปริมาณเนื้อหา | 3.1 | 0.53 | มาก |
| **การจัดการศึกษา : ทรัพยากรสนับสนุนการศึกษา** | | | | |
| 4 | ความเพียงพอของหนังสือตำราที่เกี่ยวข้อง | 2.67 | 0.56 | มาก |
| 5 | โปรแกรมช่วยสอนที่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง | 2.14 | 0.64 | น้อย |
| **การจัดการศึกษา : ห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ** | | | | |
| 6 | สื่อการสอน ชุดทดลองมีจำนวนเพียงพอ | 2.1 | 0.68 | น้อย |
| 7 | ชุดทดลองง่ายต่อการใช้งาน | 2.71 | 0.63 | มาก |
| 8 | ชุดทดลองส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง | 2.24 | 0.61 | น้อย |
| 9 | การใช้ชุดทดลองทำให้เข้าใจทฤษฎีได้มากขึ้น | 2.9 | 0.53 | มาก |

3.1.3 การวิเคราะห์ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการจัดการเรียนการสอนและการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน (Elizabeth, 1997) (Boyer and Semrau, 1995) เพื่อสังเคราะห์หาองค์ประกอบในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน สามารถสรุปตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะและองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานทฤษฎีดังตารางที่ 3-3 และ 3-4

**ตารางที่ 3-2** ตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

| ลำดับ | ตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะ |
|---|---|
| 1 | ครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ |
| 2 | ผู้เรียนได้เรียนรู้การเรียนรู้ของตนเอง |
| 3 | ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ |
| 4 | ผู้เรียนได้เรียนรู้ในสภาพจริง แก้ปัญหาจากสภาพจริง |
| 5 | ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง |
| 6 | มีการร่วมกันสร้างความรู้ |
| 7 | ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมเพื่อสร้างความรู้ใหม่ |
| 8 | ผู้เรียนเรียนรู้จากการแก้ปัญหา |
| 9 | ผู้เรียนได้พิจารณาสังเกตจากข้อผิดพลาด |
| 10 | ผู้เรียนได้มีการสำรวจ ค้นคว้าด้วยตนเอง |
| 11 | ผู้เรียนเรียนรู้โดยการฝึกหัด |
| 12 | ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในการเรียนรู้ |
| 13 | ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีการการเรียนรู้ |
| 14 | มีระบบช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ |
| 15 | มีการประเมินผลการสอนตามสภาพจริง |

**ตารางที่ 3-3** องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

| ลำดับ | องค์ประกอบของการจักการเรียนการสอน |
|---|---|
| 1 | จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นจริงให้กับผู้เรียน |
| 2 | การจัดการเรียนการสอนมีลักษณะเป็นแบบสหวิทยาการ |
| 3 | การจัดการเรียนการสอนมีลักษณะการทำงานเป็นทีม |
| 4 | การจัดการเรียนการสอนต้องให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ด้วยตนเอง |
| 5 | การจัดการเรียนการสอนควรจัดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง |
| 6 | การเรียนรู้ประสบการใหม่ ผู้เรียนต้องใช้ความรู้ความเข้าใจของประสบการณ์เดิมเป็นแนวทาง |
| 7 | การประเมินผลการเรียนรู้ ให้ความสำคัญกับการประเมินที่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมที่แท้จริง ทั้งกระบวนการสร้างความรู้ของผู้เรียน และชิ้นงานหรือผลงาน |

3.1.4 รูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนและออกแบบกิจกรรมในแต่ละขั้นของรูปแบบการเรียนการสอน ICAE Model ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นแนะนำข้อมูล (Information) เป็นส่วนการนำเข้าข้อมูลเพื่อสร้างความรู้ มีรายละเอียดของกิจกรรมดังตารางที่ 3-4 จากการวิเคราะห์กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ กิจกรรมขั้นแนะนำข้อมูลสอดคล้องกับตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะคือ ครูเป็นผู้แนะนำ ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีการเรียนรู้ และสอดคล้องกับองค์ประกอบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นจริง และการจัดการเรียนการสอนที่เป็นสหวิทยาการ

**ตารางที่ 3-4** กิจกรรมขั้นแนะนำข้อมูล (Information)

| กิจกรรมการเรียนการสอน | | |
|---|---|---|
| **กิจกรรมผู้เรียน** | **กิจกรรมผู้สอน** | **สื่อ** |
| 1. กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ | 1. บอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ | 1. ใบกิจกรรม |
| 2. ค้นคว้าข้อมูล วางแผนการลงมือปฏิบัติ | 2. แนะนำการค้นคว่าข้อมูล อุปกรณ์เครื่องมือ | 2. คู่มือการใช้งานชุดทดลอง |
| 3. จัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการเรียนรู้ | 3. ร่วมกันกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ | 3. โปรแกรม Rapidstm32 MATLAB/Simulink |

ขั้นสร้างความรู้ (Knowledge Construction) เป็นส่วนของกระบวนการสร้างความรู้ มีรายละเอียดของกิจกรรมดังตารางที่ 3-5 จากการวิเคราะห์กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ กิจกรรมขั้นสร้างความรู้ สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะคือ ครูเป็นผู้แนะนำ ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการเรียนรู้ของตนเอง ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสภาพจริงแก้ปัญหาจากสภาพจริง ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีการร่วมกันสร้างความรู้ ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีการเรียนรู้ และสอดคล้องกับองค์ประกอบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคือ การจัดการเรียนการสอนมีลักษณะการทำงานเป็นทีม การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ด้วยตนเอง การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง

**ตารางที่ 3-5** กิจกรรมขั้นสร้างความรู้ (Knowledge Construction)

| กิจกรรมการเรียนการสอน | | |
|---|---|---|
| **กิจกรรมผู้เรียน** | **กิจกรรมผู้สอน** | **สื่อ** |
| 1. ลงมือปฏิบัติตามแผนเป็นขั้นตอน | 1. แนะนำรูปแบบแผนการลงมือทำที่หลากหลาย | 1. ใบกิจกรรม |
| 2. บันทึกผลการทดลองทุกขั้นตอน | 2. ชี้แนะให้เห็นความสัมพันธ์ของผลการทดลองกับทฤษฎี | 2. คู่มือการใช้งานชุดทดลอง |
| 3. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ผลการทดลองกับทฤษฎี | | 3. โปรแกรม Rapidstm32 MATLAB/Simulink |

ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Application) เป็นส่วนกระบวนการสร้างความรู้และการประยุกต์ใช้ความรู้ มีรายละเอียดของกิจกรรมดังตารางที่ 3-6 จากการวิเคราะห์กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ กิจกรรมขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะคือ ครูเป็นผู้แนะนำ ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมเพื่อสร้างความรู้ใหม่ ผู้เรียนเรียนรู้จากการแก้ปัญหา ผู้เรียนได้พิจารณาสักเกตจากข้อผิดพลาด ผู้เรียนได้มีการสำรวจค้นคว้าด้วยตนเอง ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการฝึกหัด ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีการเรียนรู้ และสอดคล้องกับองค์ประกอบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เป็นสหวิทยาการ การจัดการเรียนการสอนมีลักษณะการทำงานเป็นทีม การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ด้วยตนเอง การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง การเรียนรู้ประสบการณ์ใหม่ ผู้เรียนต้องใช้ความรู้ความเข้าใจของประสบการณ์เดิมเป็นแนวทาง

**ตารางที่ 3-6** กิจกรรมขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Application)

| กิจกรรมการเรียนการสอน | | |
|---|---|---|
| **กิจกรรมผู้เรียน** | **กิจกรรมผู้สอน** | **สื่อ** |
| 1. ทดลองพิสูจน์ทฤษฎี | 1. ชี้แนะแนวทางการพิสูจน์ | 1. ใบกิจกรรม |
| 2. นำความรู้ที่ได้จากการทดลองมาประยุกต์ใช้งาน | 2. แนะนำแนวทางการทดลองการประยุกต์ | 2. คู่มือการใช้งานชุดทดลอง |
| | | 3. โปรแกรม Rapidstm32 MATLAB/Simulink |

ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นส่วนของผลของการสร้างความรู้ ประกอบด้วยผลงานหรือชิ้นงาน และกระบวนการสร้างความรู้ของผู้เรียน มีรายละเอียดของกิจกรรมดังตารางที่ 3-7

**ตารางที่ 3-7** กิจกรรมขั้นประเมินผล (Evaluation)

| กิจกรรมการเรียนการสอน | | |
|---|---|---|
| **กิจกรรมผู้เรียน** | **กิจกรรมผู้สอน** | **สื่อ** |
| 1. เขียนรายงานผลการลงมือปฏิบัติ | 1. แนะนำองค์ประกอบการเรียนรายงาน | 1. ใบกิจกรรม |
| 2. สรุปเรียบเรียงการลงมือปฏิบัติเป็นขั้นตอน | 2. ชี้แนะแนวทางการเขียนสรุปขั้นตอนการปฏิบัติ | 2. คู่มือการใช้งานชุดทดลอง |
| 3. ประเมิลตนเองถึงการบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ | | 3. โปรแกรม Rapidstm32 MATLAB/Simulink |

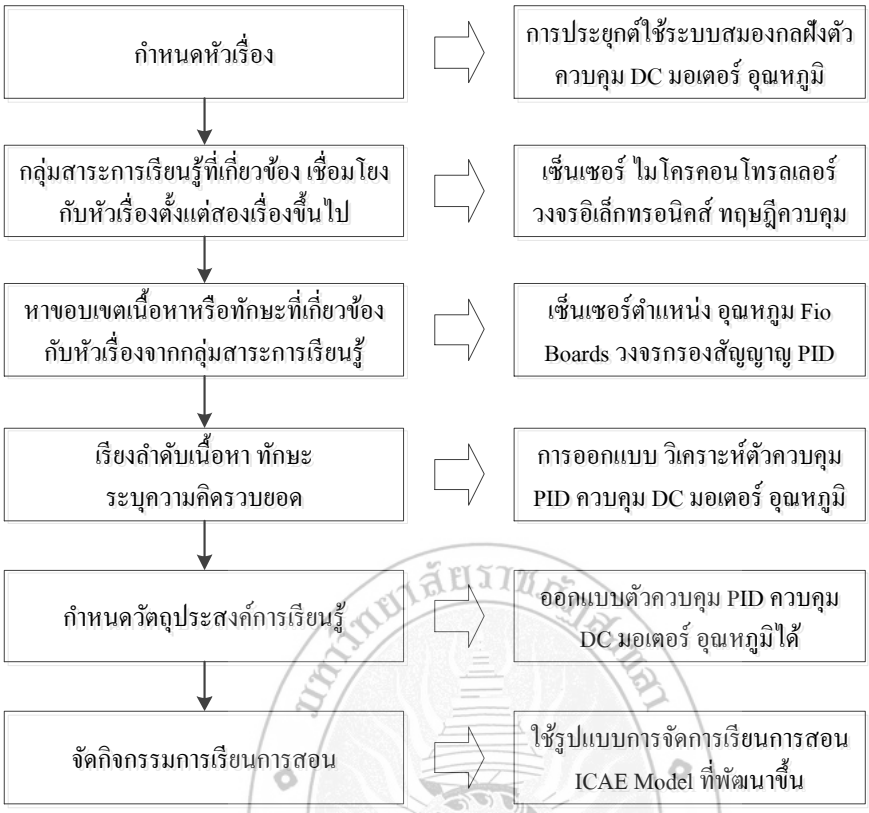
จากการวิเคราะห์กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ กิจกรรมขั้นประเมินผล สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะคือ ครูเป็นผู้แนะนำ มีระบบช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ มีการประเมินผลการสอนตามสภาพจริงและสอดคล้องกับองค์ประกอบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคือ การประเมินผลการเรียนรู้ ให้ความสำคัญกับการประเมินที่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมที่แท้จริง ทั้งกระบวนการสร้างความรู้ของผู้เรียน และชิ้นงานหรือผลงาน

### 3.2 ขั้นออกแบบ (Design)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นวิเคราะห์ผู้วิจัยนำมาใช้ประกอบในขั้นออกแบบ การออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ การออกแบบสื่อการเรียนการสอน การออกแบบเครื่องมือประเมินผลการเรียนรู้ แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การออกแบบเนื้อหาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ

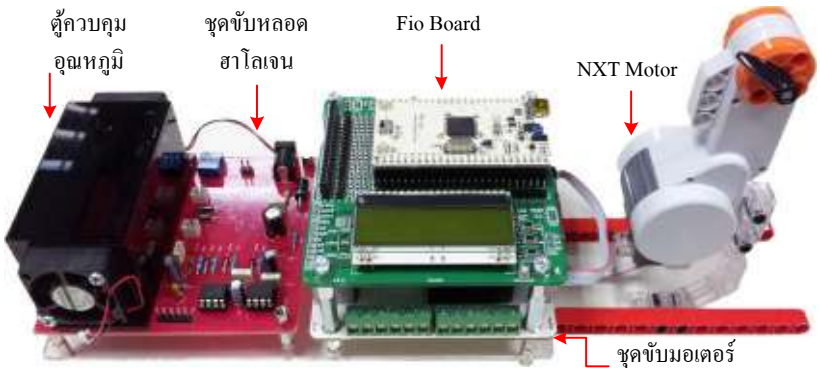
สำหรับเนื้อหาการเรียนการสอนที่ใช้ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง การวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม และการประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวเป็นสื่อที่ใช้ในการสร้างความรู้ด้วยตนเองซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นสหสาขาวิชา และเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นจริงในการเรียนการสอน สอดคล้องกับองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนและตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะตามแนวทฤษฎี มีขั้นตอนและกระบวนการออกแบบดังภาพที่ 3-1




**ภาพที่ 3-1** กระบวนการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ

3.2.3 การออกแบบสื่อการเรียนการสอน

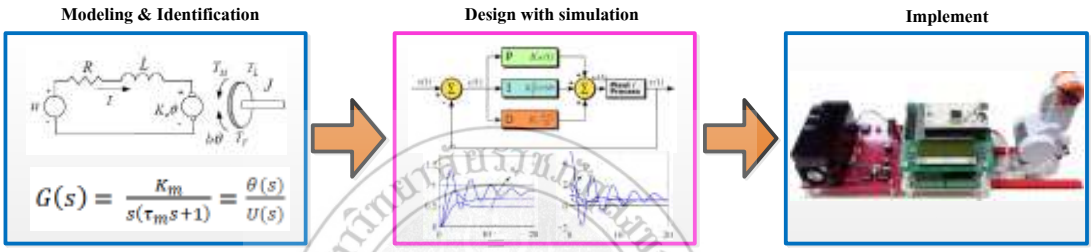
สำหรับสื่อการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เป็นชุดทดลองการออกแบบและวิเคราะห์ตัวควบคุม PID การวิเคราะห์และออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม Waijung Blockset ที่ใช้งานร่วมกับ Matlab/Simulink สามารถออกแบบและวิเคราะห์ระบบความคุมได้ทั้ง ระบบควบคุมความเร็ว DC มอเตอร์ ระบบความคุมตำแหน่ง DC มอเตอร์ และระบบควบคุมอุณหภูมิ อยู่ในชุดเดียวกัน ดังภาพที่ 3-2




**ภาพที่ 3-2** ชุดทดลองการออกแบบและวิเคราะห์ตัวควบคุม PID

การเขียนโปรแกรม Waijung Blockset ออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยตัวควบคุม PID ออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมตำแหน่งมอเตอร์ด้วยตัวควบคุม PID และออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมอุณหภูมิด้วยตัวควบคุม PID แสดงในภาคผนวก จ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลหลักสูตรลักษณะรายวิชาการวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม และการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ ผู้วิจัยได้วางแผนกระบวนการเรียนรู้เพื่อจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีกระบวนการแสดงดังภาพที่ 3-3

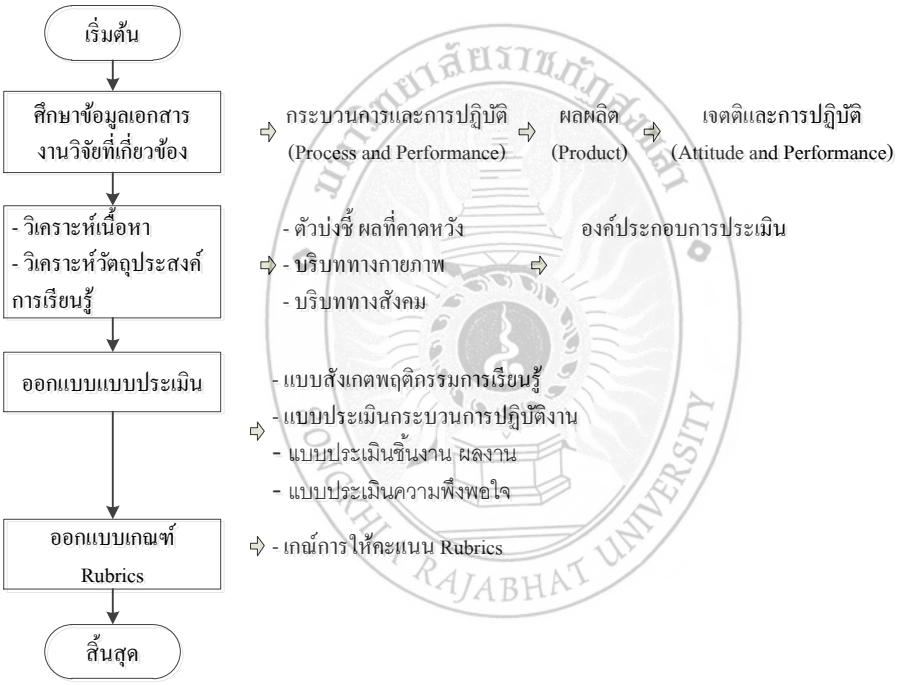



**ภาพที่ 3-3** การวางแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้

จากภาพที่ 3-6 การวางแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เริ่มจากการหาแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบ (Modeling and Identification) จากการวิเคราะห์วงจรสมมูลทางไฟฟ้าและทางกลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และหาพารามิเตอร์ของระบบโดยให้ผู้เรียนเลือกใช้วิธี Curve Fitting Tool หรือวิธี System Identification ในขั้นตอนการหาพารามิเตอร์ของระบบนี้ ผู้เรียนจะพบปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน ผู้สอนแนะนำวิธีการออกแบบวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low Pass Filter) เพื่อให้ผู้เรียนออกแบบและแก้ปัญหา เมื่อได้แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบแล้ว ผู้เรียนเปรียบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบกับผลตอบสนองระบบแบบเปิด (Open-loop Control) เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ในส่วนถัดไปผู้เรียนออกแบบระบบควบคุมโดยใช้โปรแกรมจำลอง (Design with Simulation) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของตัวควบคุม PID โดนผู้สอนแนะนำให้ผู้เรียนเปรียบเทียบผลตอบสนองระบบควบคุมกับกราฟคุณสมบัติเฉพาะของการตอบสนองในช่วงสภาวะชั่วครู่ การออกแบบอัตราขยายของตัวควบคุมโดยให้ผู้เรียนเลือกออกแบบได้ 3 วิธีคือ วิธี Ziegler-nichols วิธี CHR และวิธี Root Locus ในส่วนนี้ผู้เรียนจะค้นพบว่า แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบมีผลตอนสนองที่ไม่สามารถใช้วิธี Ziegler-nichols วิธี CHR ออกแบบอัตราขยายของตัวควบคุมได้ ทำให้ผู้เรียนต้องเรียนรู้วิธีออกแบบทั้ง 3 วิธี เมื่อได้ตัวควบคุมจากการจำลองด้วยโปรแกรมแล้ว ผู้เรียนนำตัวควบคุมไปใช้กับชุดทดลอง (Implement) ผู้เรียนจะเรียนรู้การปรับตัวควบคุมด้วยวิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) อีกครั้ง

3.2.4 การออกแบบเครื่องมือการประเมินผลการเรียนรู้

การประเมินผลการเรียนรู้เป็นการประเมินกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้แบบประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) เป็นแบบประเมินกระบวนการปฏิบัติงานและผลงานจริงของผู้เรียน ที่สะท้อนให้เห็นพฤติกรรมการเรียนรู้ จากการสังเกต การบันทึกการเขียนรายงานของผู้เรียน ตัวชี้วัดความสำเร็จของแต่ละองค์ประกอบของการประเมินโดยใช้รูบริคส์ (Rubrics) เป็นเครื่องมือในการให้คะแนน โดยการระบุเกณฑ์ (Criteria) ในการประเมินกระบวนการเรียนรู้และผลงานของผู้เรียน เป็นเกณฑ์ที่ปรับมาจาก สมศักดิ์ (2554) และ พิมพันธ์และพเยาว์ (2555) จากกรอบแนวคิดการออกแบบแบบประเมินตามสภาพจริง ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการออกแบบแบบประเมินตามสภาพจริงดังภาพที่ 3-4




**ภาพที่ 3-4** ขั้นตอนการออกแบบแบบประเมินตามสภาพจริง

การประเมินกระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นการประด้านจิตพิสัย จากแบบประเมินผลการเรียนท้ายคาบเรียน โดยผู้เรียนเป็นผู้ประเมินตนเอง ส่วนที่ 2 เป็นการประเมินด้านพุทธพิสัยและทักษะพิสัย จากแบบประเมินท้ายคาบเรียนโดยผู้สอนเป็นผู้ประเมิน การประเมินกระบวนการเรียนรู้ จากแบบประเมินกระบวนการปฏิบัติงาน การประเมินผลงานของผู้เรียนจากแบบประเมินผลงาน แสดงในภาคผนวก ง

**3.3 ขั้นพัฒนา (Development)**

สื่อการเรียนการสอน เกณฑ์การประเมินตามสภาพจริง แบบประเมินกระบวนการเรียนรู้ แบบประเมินผลงาน และแบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ ที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยใช้วิธีหาคุณภาพโดยการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า รูปแบบการเรียนการสอน ICAE Model มีความเหมาะสมระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.36 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.69 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านสื่อสนับสนุนการเรียนการสอนมีความเหมาะสมระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.35 ด้านเนื้อหาและคู่มือประกอบการสอนมีความเหมาะสมระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.40 และด้านการวัดและประเมินผลมีความเหมาะสมระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.36 แสดงดังตารางที่ 3-8

**ตารางที่ 3-8** ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนและเครื่องมือสำหรับการวิจัย

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ค่าเฉลี่ย | SD | ความคิดเห็น |
|---|---|---|---|---|
| **ความเหมาะสมของรูปแบบและกิจกรรมการเรียนการสอน** | | | | |
| 1 | ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน | 4.44 | 0.53 | เหมาะสมมาก |
| 2 | บทบาทของผู้เรียน | 4.33 | 0.50 | เหมาะสมมาก |
| 3 | บทบาทของผู้สอน | 4.44 | 0.53 | เหมาะสมมาก |
| 4 | กิจกรรมสำหรับผู้เรียนขั้น Information | 4.56 | 0.53 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 5 | กิจกรรมสำหรับผู้เรียนขั้น Knowledge Construction | 4.33 | 0.71 | เหมาะสมมาก |
| 6 | กิจกรรมสำหรับผู้เรียนขั้น Application | 4.44 | 0.73 | เหมาะสมมาก |
| 7 | กิจกรรมสำหรับผู้เรียนขั้น Evaluation | 4.33 | 0.71 | เหมาะสมมาก |
| 8 | ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดและการแก้ปัญหา | 4.22 | 0.97 | เหมาะสมมาก |
| 9 | ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการกระตือรือร้นในการเรียนรู้ | 4.22 | 0.97 | เหมาะสมมาก |
| 10 | ส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ระหว่างรายวิชาได้ | 4.33 | 1.12 | เหมาะสมมาก |
| 11 | ทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ | 4.11 | 0.78 | เหมาะสมมาก |
| 12 | รูปแบบการเรียนการสอนมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานได้ผล | 4.33 | 0.71 | เหมาะสมมาก |
| **ความเหมาะสมด้านสื่อสนับสนุนการเรียนการสอน** | | | | |
| 13 | สื่อมีความเหมาะสมกับเนื้อหาและรูปแบบการเรียนการสอน | 4.22 | 0.44 | เหมาะสมมาก |
| 14 | สื่อช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ | 4.33 | 0.50 | เหมาะสมมาก |
| 15 | สื่อสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน | 4.33 | 0.50 | เหมาะสมมาก |
| 16 | สื่อมีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน | 4.33 | 0.50 | เหมาะสมมาก |
| 17 | สื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง | 4.22 | 0.67 | เหมาะสมมาก |
| 18 | สื่อครอบคลุมเนื้อหา | 4.56 | 0.53 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 19 | สื่อมีความชัดเจน | 4.44 | 0.53 | เหมาะสมมาก |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **ความเหมาะสมของเนื้อหาและคู่มือประกอบการสอน** | | | | |
| 20 | คู่มือการออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมความเร็ว DC มอเตอร์ด้วยตัวควบคุม PID | 4.56 | 0.53 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 21 | คู่มือการออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมตำแหน่ง DC มอเตอร์ด้วยตัวควบคุม PID | 4.56 | 0.53 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 22 | คู่มือการออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมอุณหภูมิด้วยตัวควบคุม PID | 4.56 | 0.53 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 23 | คู่มือครู | 4.33 | 1.00 | เหมาะสมมาก |
| 24 | คู่มือนักเรียน | 4.00 | 1.00 | เหมาะสมมาก |
| **ความเหมาะสมด้านการวัดและประเมินผล** | | | | |
| 25 | แบบประเมินกระบวนการทำโครงงาน | 4.56 | 0.53 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 26 | เกณฑ์/รูบริคส์ของแบบประเมินกระบวนการทำโครงงาน | 4.11 | 0.93 | เหมาะสมมาก |
| 27 | แบบประเมินผลการทำโครงงาน | 4.44 | 0.73 | เหมาะสมมาก |
| 28 | เกณฑ์/รูบริคส์ของแบบประเมินผลการทำโครงงาน | 4.22 | 1.09 | เหมาะสมมาก |

การพัฒนาเนื้อหา หาคุณภาพโดยประเมินความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์การเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.78-1 แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข

### 3.4 ขั้นนำไปใช้ (Implement)

ขั้นการนำไปใช้ เป็นการนำรูปแบบการเรียนการสอนและเครื่องมือสำหรับการวิจัย ประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ สื่อเทคโนโลยีที่ส่งเสริมการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง แบบประเมินตามสภาพจริง ไปทดลองใช้ (Tryout) และการนำไปใช้สอนจริงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียนและวิเคราะห์พัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการวิเคราะห์พัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนจากแบบประเมินตามสภาพจริงจะแบ่งเป็น 4 ช่วง ของภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 คือ สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 สัปดาห์ที่ 12 และสัปดาห์ที่ 16 และเปิดโอกาศให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงาน (Mini Project) ในช่วงสัปดาห์ที่ 12-16 เพื่อวิเคราะห์กระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียน มีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 การทดลองใช้

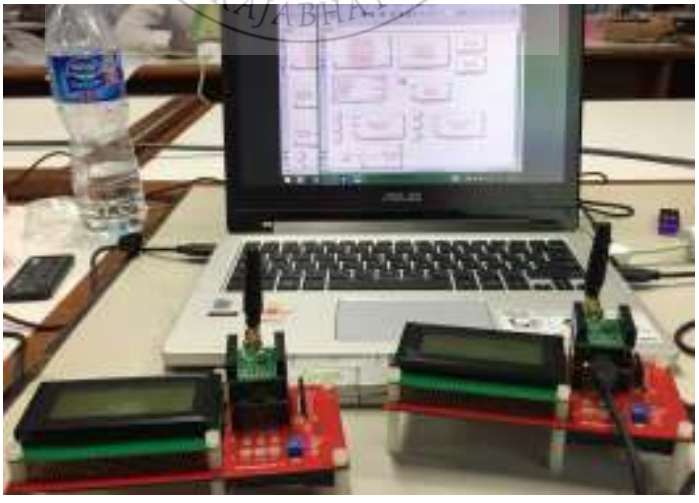
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองใช้ กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 จำนวน 23 คน หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโนยีไฟฟ้า โปรแกรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ในช่วงภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จากการทดลองใช้เครื่องมือการวิจัย ชุดการทดลองประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

โปรแกรม Waijung Blockste ใช้งานง่ายแต่จำเป็นต้องใช้โปรแกรมที่รองรับการทำงานหลายโปรแกรม การทดลองใช้เครื่องมือในช่วงแรกจะเจอปัญหาเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม เนื่องจากผู้เรียนต้องการจะใช้คอมพิวเตอร์ส่วนตัว แต่คอมพิวเตอร์ของผู้เรียนแต่ละคนไม่รองรับกับซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่จะใช้ทดลองการวิจัย ทำให้เสียเวลาในการเรียนการสอนไปกับติดตั้งโปรแกรม ผู้วิจัยแก้ปัญหาโดยใช้คอมพิวเตอร์ส่วนกลางของคณะเทคโนโลยอุตสาหกรรม สำหรับผู้เรียนที่ต้องการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนตัวก็ให้เตรียมความพร้อมของตนเองนอกเวลาเรียน

3.4.2 การทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

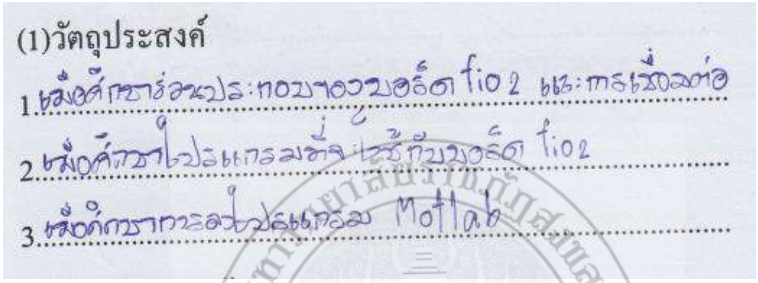
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียนและวิเคราะห์พัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้สื่อการเรียนการสอน หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการรวมทั้งแบบประเมินต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นผ่านการหาคุณภาพและผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยใช้แบบแผนการเก็บข้อมูลการทดลองเชิงคุณภาพ (บุญธรรม, 2553) โดยนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 จำนวน 19 คน หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโนยีไฟฟ้า โปรแกรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ในช่วงภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 และเก็บข้อมูลวิจัยจำนวน 16 สัปดาห์ ดังนี้

ขั้นแนะนำ (Information) เริ่มจากผู้สอนแนะนำเนื้อหา เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องรู้และใช้ในการสร้างความรู้ จากนั้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเป้าหมายและวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งผู้สอนจะทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะ แสดงดังภาพที่ 3-5



**ภาพที่ 3-5** ผู้สอนแนะนำเนื้อหา เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องรู้และใช้ในการสร้างความรู้

ตัวอย่างการทำกิจกรรมขั้นแนะนำ เมื่อผู้สอนแนะนำเนื้อหา เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องรู้และใช้ในการสร้างความรู้แล้ว ผู้เรียนในกลุ่มร่วมกันกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้และวางแผนการลงมือปฏิบัติ ตัวอย่างผลงานของผู้เรียนแสดงดังภาพที่ 3-6 และ 3-7 เรื่อง การหาแบบจำลองคณิตศาสตร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทุก ๆ กิจกรรมในแต่ละขั้นการสอน ผู้เรียนสามารถประเมินผลงานของตนเองได้จากเกณฑ์การประเมิน แสดงรายละเอียดเกณฑ์การประเมินตามสภาพจริงในภาคผนวก ง



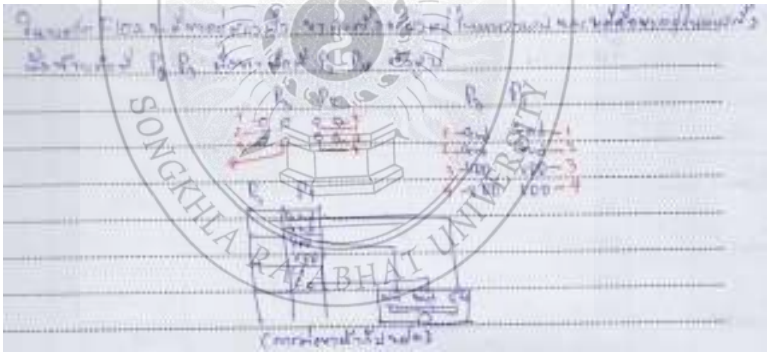

**ภาพที่ 3-6** ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ในใบกิจกรรม

**ภาพที่ 3-7** ผู้เรียนวางแผนการปฏิบัติด้วยตนเองในใบกิจกรรม

ขั้นสร้างความรู้ (Knowledge Construction) คือการจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความรู้โดยการนำเสนอผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลองระหว่างกลุ่มซึ่งผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะตรวจปรับความถูกต้อง แสดงดังภาพที่ 3-8

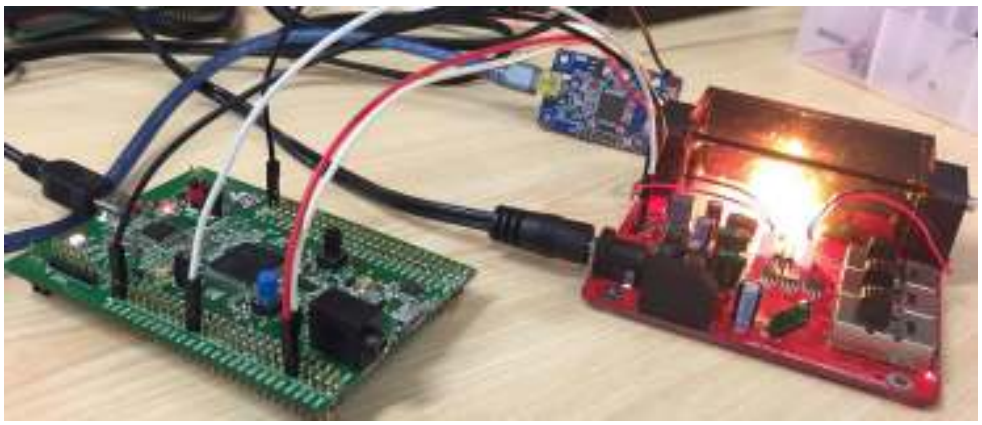
**ภาพที่ 3-8** ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ

ตัวอย่างการทำกิจกรรมในขั้นสร้างความรู้ ผู้เรียนทบทวนและใช้ความรู้พื้นฐาน จากคู่มือประกอบการเรียนการสอน เมื่อผู้เรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ได้สำเร็จ ผู้เรียนจะอธิบายถึงผลที่ได้จากการลงมือทำ เช่น อธิบายถึงการศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองเรื่องจำนวนขา Input-Output ขอบอร์ดคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่ 3-9 จากนั้นผู้เรียนแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างกลุ่ม อภิปราย และตรวจสอบความถูกต้องโดยผู้สอนคอยดูแลและชี้แนะ



**ภาพที่ 3-9** ผู้เรียนเขียนภาพอธิบายผลจากการลงมือปฏิบัติ

ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Application) คือขั้นตอนการนำความรู้จากขั้นสร้างความรู้มาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาจริง แสดงดังภาพที่ 3-10



**ภาพที่ 3-10** การประยุกต์ใช้ความรู้แก้ปัญหาจริงกับชุดทดลอง

ในขั้นนี้ผู้สอนต้องชี้แนะแนวทางให้ผู้เรียนได้ทดลองประยุกต์ใช้ความรู้เป็นการต่อยอดองค์ความรู้ใหม่ เช่น ในตัวอย่างนี้คือ เมื่อผู้เรียนรู้ตำแหน่งขา Input-Output ของบอร์ดคอนโทรลเลอร์ และรู้จักการใช้งาน Blockset ต่าง ๆ ของโปรแกรม Waijung แล้ว ผู้สอนชี้แนะให้ผู้เรียนทดลองส่งสัญญาณ PWM จ่ายให้กับหลอดไฟให้ความร้อนในกล่องควบคุมอุณหภูมิ และรับค่าอุณหภูมิมาแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3-11

**ภาพที่ 3-11** ผู้เรียนสรุปผลการประยุกต์ใช้ความรู้แสดงให้เห็นการพัฒนาความรู้ใหม่จากความรู้เดิม

ขั้นประเมินผล (Evaluation) คือขั้นประเมินความรู้ของตนเองโดยการสรุปเรียบเรียงเป็นรายงานและปรับปรุงผลงานตนเองให้สมบูรณ์ แสดงดังภาพที่ 3-12

**ภาพที่ 3-12** ผู้เรียนสรุปเรียบเรียงเขียนรายงานการปฏิบัติงาน

จากภาพที่ 3-15 ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องเขียนสรุปผลการลงมือปฏิบัติโดยใช้เกณฑ์การประเมินตามสภาพจริงประกอบในการเขียนรายงาน ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนสามารถสะท้อนตนเองได้ว่า ตนเองได้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ สามารถเขียนสรุปกระบวนการเรียนรู้หรือกระบวนการทำงานเป็นขั้นตอนหรือเป็นแผนผังความคิดได้

### 3.5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

ขั้นประเมินประกอบด้วย ปีนการประเมินผลกระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน (Process) รวมทั้งเครื่องมือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งประเมินผลความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนำไปทดลองใช้ในขั้นนำไปใช้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงใบกิจกรรมในแต่ละขั้นการเรียนการสอนของรูปแบบอีกครั้งเพื่อให้เหมาะสมกับเวลาการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรที่ใช้เวลา 4 คาบ

### 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยโดยค่าสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์ (บุญเชิด, 2537)

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

โดยที่ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้ตอบ

3.6.2 การหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ (ล้วนและอังคณา, 2538)

$$P = \frac{R}{N} \text{ และ } D = \frac{(R_U - R_L)}{N/2}$$

โดยที่ P คือ ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

D คือ ค่าอำนาจจำแนก

R คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

$R_U$ คือ จำนวนนักศึกษาที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

$R_L$ คือ จำนวนนักศึกษาที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N คือ จำนวนนักศึกษาทั้งหมด

ค่าความยากง่ายของข้อสอบที่ใช้ได้ต้องอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบที่ใช้ได้ต้องมีค่ามากกว่า 0.2

3.6.3 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน

การทดสอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 คือ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้ การหาประสิทธิภาพแบบนี้คือ เป็นการหาประสิทธิภาพแบบรวมที่สามารถพิจารณาในกระบวนการย่อยได้ (มนตรี, 2553) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์หากนวัตกรรมเป็นด้านพุทธิพิสัยควรมีค่า E1/E2 เป็น 80/80 หากมีเนื้อหายาก หรือด้านทักษะพิสัยควรมีค่า E1/E21 เป็น 70/70 ขึ้นไป โดยที่ E1/E2 ไม่ควรแตกต่างกันเกิน 2.50-5.00 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ, 2556)

$$E_1 = \frac{(\sum X/N)}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{(\sum f/N)}{B} \times 100$$

โดยที่ $E_1$ คือ ประสิทธิภาพของขบวนการที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบหลังการเรียนโดยคิดเป็นร้อยละ

$E_2$ คือ ประสิทธิภาพของขบวนการที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์โดยคิดเป็นร้อยละ

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากแบบทดสอบหลังเรียน

$\sum f$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

N คือ จำนวนผู้เรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังการเรียน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

3.6.4 การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยวิธีคูเดอร์ริชาร์ดสัน (KuderRichardson : KR-20) (ล้วนและอังคณา, 2538)

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

โดยที่ $r_{tt}$ คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

$n$ คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ

$p$ คือ สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูก

$q$ คือ สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบผิด

$S^2$ คือ ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนามีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียนและวิเคราะห์พัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานจากการประเมินกระบวนการสร้างชิ้นงาน เรื่องการวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม ผลการวิจัยเชิงคุณภาพประกอบด้วย ชิ้นงานและผลงานที่สะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียนและพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียน แสดงรายละเอียดของผลการวิจัยดังต่อไปนี้

## 4.1 ผลการพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียน

รูปแบบการเรียนการสอน ICAE Model ที่พัฒนาขึ้นตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานประกอบด้วย ขั้นแนะนำ (Information) ขั้นสร้างความรู้ (Knowledge Construction) ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Application) และขั้นประเมินผล (Evaluation) กิจกรรมข้องขั้นการสอนในแต่ละขั้น สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะและอยู่บนพื้นฐานขององค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน เมื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างพบว่า ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ขึ้นภายใน มีความสามารถในการถ่ายทอดออกมาเป็นขั้นตอนที่แตกต่างกัน แสดงดังตาราง 4-1

**ตารางที่ 4-1** ผลการพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียน

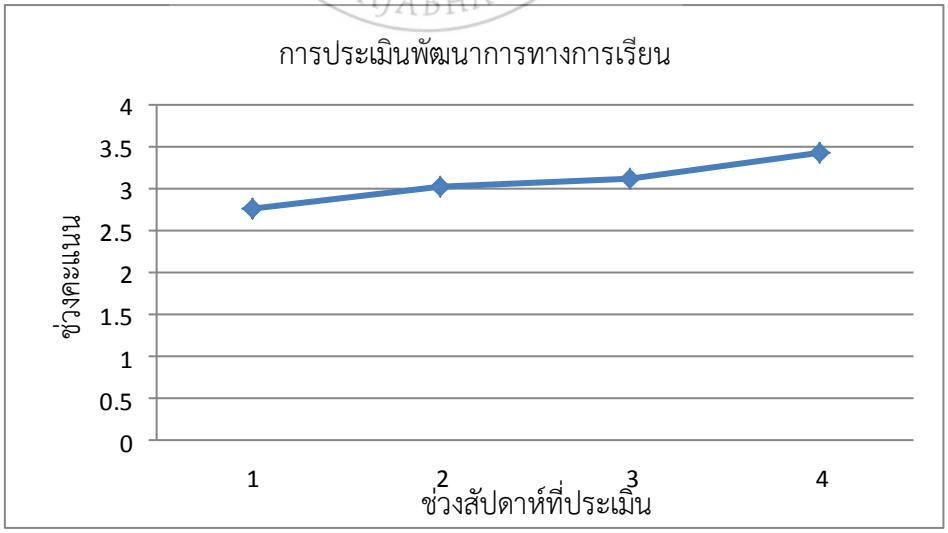
| รหัส | การบวนการสร้างช้านงาน | | | | | ชื่อโครงงาน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 584702002 | กำหนดเป้าหมาย | วางแผน | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | การตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการผลิต |
| 584702019 | กำหนดเป้าหมาย | วางแผน | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | การตราจจับความชื้นในตู้ควบคุม |
| 584702012 | วางแผน | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | การเปิด-ปิด หลอดไฟด้วยระบบอัจฉริยะ |
| 584702017 | วางแผน | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | การตรวจสอบความชื้นในดิน |
| 584702013 | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | | เครื่องเก็บผ้าอัตโนมัติ |
| 584702020 | ศึกษา | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | เครื่องวัดระดับน้ำแบบดิจิตอล |
| 584702021 | ศึกษา | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | เครื่องตราจจับแก๊สรั่ว |
| 584702022 | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | | การเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่างโดยตรวจจับความเคลื่อนไหว |
| 584702027 | กำหนดเป้าหมาย | วางแผน | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | เครื่องวัดส่วนสูงแบบดิจิตอล |
| 584702028 | กำหนดเป้าหมาย | วางแผน | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยเซนเซอร์แสง |
| 584702039 | วางแผน | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | เครื่องตราจจับแก๊สรั่ว |

**ตารางที่ 4-1** ผลการพัฒนากระบวนการสร้างชิ้นงานของผู้เรียน (ต่อ)

| รหัส | การบวนการสร้างชิ้นงาน | | | | | ชื่อโครงงาน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 585702020 | ศึกษา | วางแผน | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | ไฟหน้ารถอัจฉริยะ |
| 585702018 | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | | เปิด-ปิดไฟไฟ้แสงสว่างด้วยเซนเซอร์แสง |
| 585702015 | ศึกษา | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | โครงงานชุดช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า |
| 585702016 | ศึกษา | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | อุปกรณ์เตือนภัย แก๊สรั่ว |
| 585702034 | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | | เปิด-ปิดไฟไฟ้แสงสว่างด้วยเซนเซอร์แสง |
| 585702030 | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | | อุปกรณ์เตือนภัย แก๊สรั่ว |
| 585702041 | ศึกษา | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | นาฬิกาปลุกอัจฉริยะ |
| 585702021 | ศึกษา | ออกแบบ | ทดลอง | สรุปผล | | สัญญาณกันขโมย |

## 4.2 ผลการศึกษาพัฒนาการกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน

ผลการวิเคราะห์พัฒนาการกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนจากการเรียนการสอน 4 ช่วง ของภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 คือ สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 สัปดาห์ที่ 12 และสัปดาห์ที่ 16 จากการเขียนรายงานการปฏิบัติในใบกิจกรรมและชิ้นงาน โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินจากการใช้แบบประเมินตามสภาพจริง องค์ประกอบของการประเมินกระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วย การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ การวางแผนการลงมือปฏิบัติ การลงมือปฏิบัติ การสรุปผลตามเป้าหมายการเรียนรู้ ซึ่งมีคะแนนรวม 60 คะแนน แบ่งเป็นสัปดาห์ละ 4 คะแนน พบว่า คะแนนการประเมินกระบวนการเรียนรู้สัปดาห์ที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 2.77 คะแนนการประเมินกระบวนการเรียนรู้สัปดาห์ที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 3.02 คะแนนการประเมินกระบวนการเรียนรู้สัปดาห์ที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 3.12 คะแนนการประเมินกระบวนการเรียนรู้สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 4.44 แสดงให้เห็นว่า พัฒนาการกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับดี ตามเกณฑ์การประเมินกระบวนการเรียนรู้ที่กำหนด ดังภาพที่ 4-1 สำหรับแบบประเมินตามสภาพจริงและเกณฑ์การประเมินแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง




**ภาพที่ 4-1** พัฒนาการกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนจากแบบประเมินตามสภาพจริง

4.2.1 ศึกษาพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนตามตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

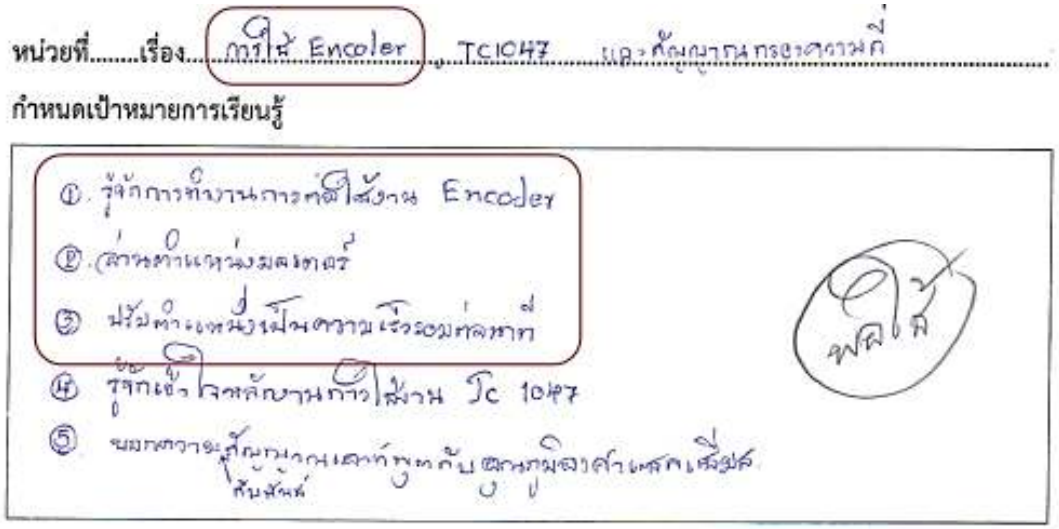
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบการสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนการสอนตามตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะ โดยการสังเกตจากผู้สอน พบว่า พฤติกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างเรียนที่สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะคือ ครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการเรียนรู้ของตนเอง ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสภาพจริง แก้ปัญหาจากสภาพจริง ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีการร่วมกันสร้างความรู้ ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมเพื่อสร้างความรู้ใหม่ ผู้เรียนเรียนรู้จากการแก้ปัญหาและสังเกตจากข้อผิดพลาด ผู้เรียนเรียนรู้โดยการฝึกหัด มีระบบช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ และมีการประเมินผลตามสภาพจริง ส่วนพฤติกรรมการจัดการเรียนการสอนตามตัวบ่งชี้ลักษณะเฉพาะที่ไม่เกิดขึ้นระหว่างเรียนคือ ผู้เรียนได้มีการสำรวจค้นคว้าด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถเลือกรูปแบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4.2.2 ผลการศึกษาผลงานและชิ้นงานของผู้เรียนที่สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ผลการศึกษาผลงานและชิ้นงานของผู้เรียนที่สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างความรู้ด้วยตนเอง จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสุ่มข้อมูลจากการเขียนรายงานของผู้เรียน ที่สะท้อนให้เห็นการเกิดการเรียนรู้และการสร้างความรู้ด้วยตนเอง จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวเป็นสื่อช่วยในการจัดการเรียนรู้ และการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการเรื่อง การวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม

4.2.2.1 การเกิดกระบวนการเรียนรู้

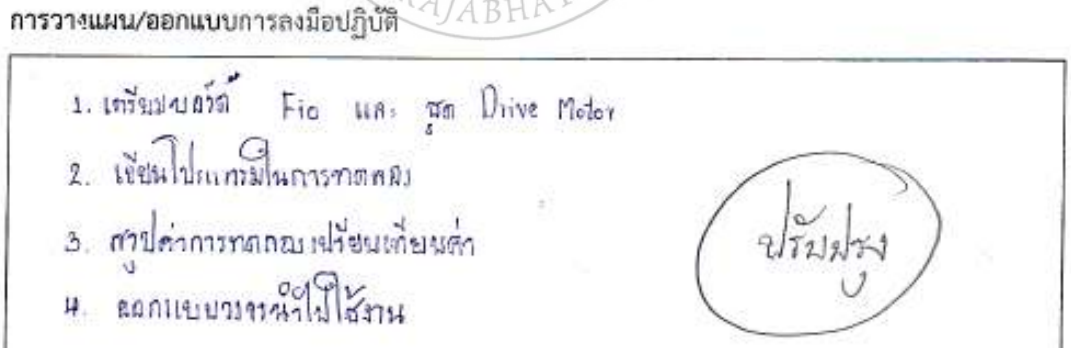
ในส่วนการเกิดกระบวนการเรียนรู้นี้ ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนเรื่องการใช้ศึกษาการใช้งาน Encoder จากการจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้และการวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนทำหน้าที่คอยแนะนำและให้ช่วยเหลือ เมื่อผู้เรียนลงมือทำ เริ่มสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งให้ได้ผลที่เห็นเป็นรูปธรรม คือ ต่อวงจรและเขียนโปรแกรมรับสัญญาณ Encoder มาแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ได้ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ แสดงผลกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนดังต่อไปนี้




**ภาพที่ 4-2** ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้เรื่อง Encoder

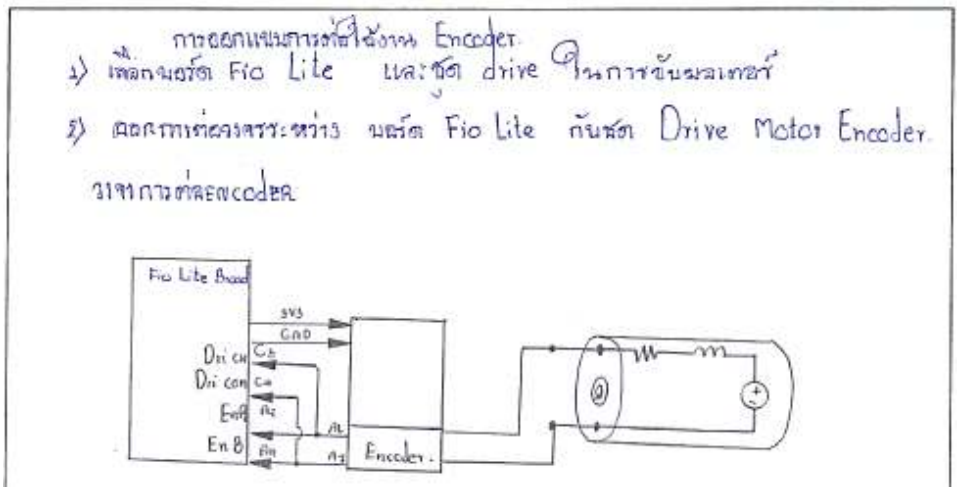
จากภาพที่ 4-2 ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายของตนเองเรื่องการใช้ Encoder เปรียบเสมือนการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของผู้สอน ซึ่งหลังจากที่ผู้เรียนลงมือทำแล้วเสร็จแล้ว ผู้เรียนจะต้องรู้จักการทำงานของ Encoder อ่านค่าแหล่งของมอเตอร์ได้จากการใช้ Encoder และแปลงหน่วยการหมุนของมอเตอร์ให้เป็นรอบต่อนาทีได้

เมื่อผู้เรียนกำหนดเป้าหมายการลงมือทำด้วยตนเองแล้ว ผู้เรียนร่วมกันวางแผนการลงมือทำของตนเป็นเป็นขั้นตอน แสดงดังภาพที่ 4-3



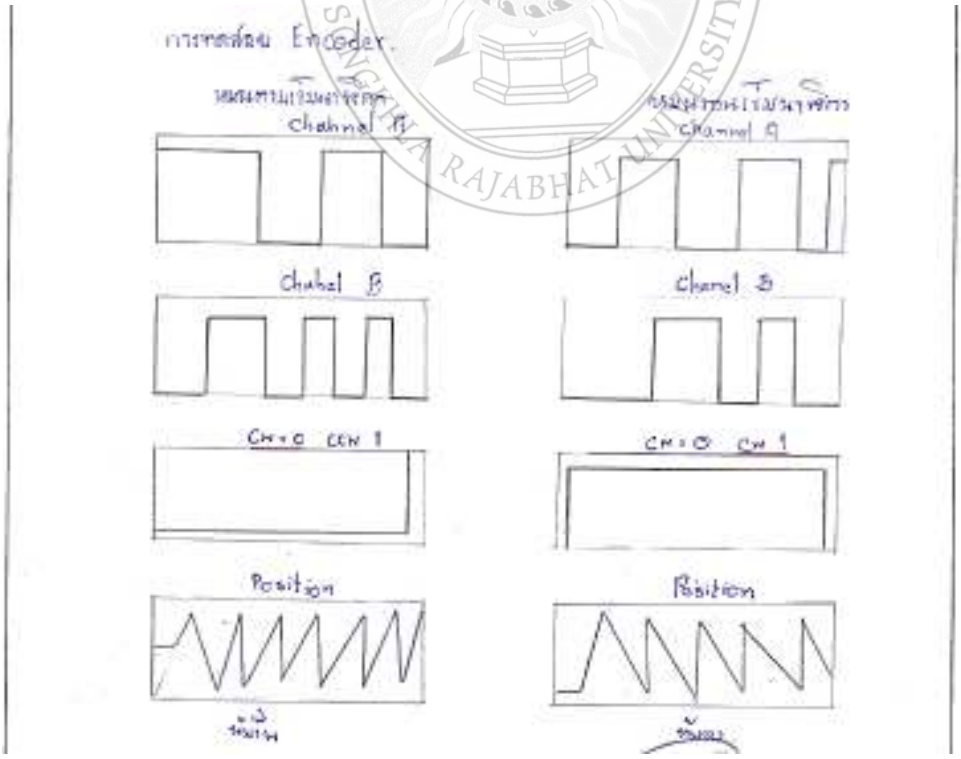

**ภาพที่ 4-3** ผู้เรียนวางแผนการลงมือทำด้วยตนเอง

จากภาพที่ 4-3 ผู้เรียนวางแผนการลงมือทำเป็นขั้นตอน เริ่มจากการเลือกใช้อุปกรณ์เครื่องมือ การเขียนโปรแกรม การสรุปการผลทดลอง หลังจากนั้นผู้เรียนก็เริ่มลงมือทำตามแผนที่กำหนด แสดงดังภาพที่ 4-4



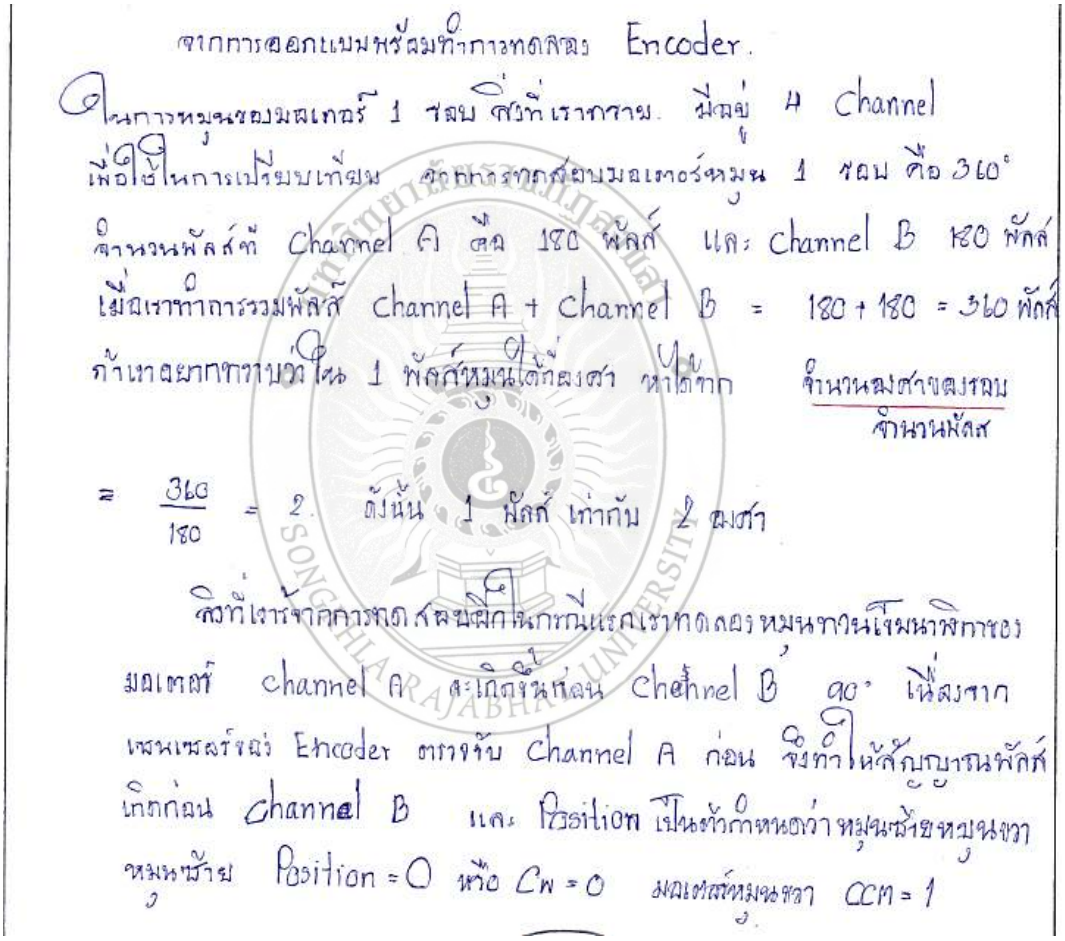

**ภาพที่ 4-4** ผู้เรียนการลงมือทำด้วยตนเอง

จากภาพที่ 4-4 เป็นการวางแผนขั้นตอนการเรียนรู้ของผู้เรียนและการศึกษาข้อมูลเรียนรู้ด้วยตนเองจากคู่มือการออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมด้วยตัวควบคุม PID โดยเขียนโปรแกรมการทดสอบ Encoder ด้วยโปรแกรม RapidSTM32 ผู้เรียนบันทึกผลการทดสอบการทำงานของ Encoder แสดงดังภาพที่ 4-5




**ภาพที่ 4-5** การบันทึกข้อมูลจากการลงมือทำ

จากภาพที่ 4-5 เป็นการบันทึกข้อมูลจากการลองผิดลองถูกของผู้เรียน โดยการหมุนมอเตอร์ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกา และสรุปผลการเรียนรู้จากการลงมือทำด้วยตนเอง จากการทดลองแบบลองผิดลองถูกนี้ จะเห็นได้ว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งที่ผู้เรียนกำลังทำ เป็นการปรับความรู้ที่มีอยู่ในตัวเองและสิ่งที่สามารถจับต้องได้ภายนอกหรือสิ่งที่ผู้เรียนกำลังทำอยู่จนสามารถสรุปออกมาเป็นผลการเรียนรู้ของตนเองได้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง และสรุปผลจากการทดลองของตนเองแสดงดังภาพที่ 4-6


จากการออกแบบพร้อมทำการทดลอง Encoder.

ในการหมุนของมอเตอร์ 1 รอบ สิ่งที่เราทราบ มีอยู่ 2 Channel เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ จากการทดลองมอเตอร์หมุน 1 รอบ คือ 360°

จำนวนพัลส์ที่ Channel A คือ 180 พัลส์ และ Channel B 180 พัลส์

ไม่ฉะนั้นทำการรวมพัลส์ Channel A + Channel B = 180 + 180 = 360 พัลส์

ถ้าเกิดอยากทราบว่าใน 1 พัลส์หมุนได้กี่องศา หาได้จาก จำนวนองศาของรอบ / จำนวนพัลส์

= 360/180 = 2 ดังนั้น 1 พัลส์ เท่ากับ 2 องศา

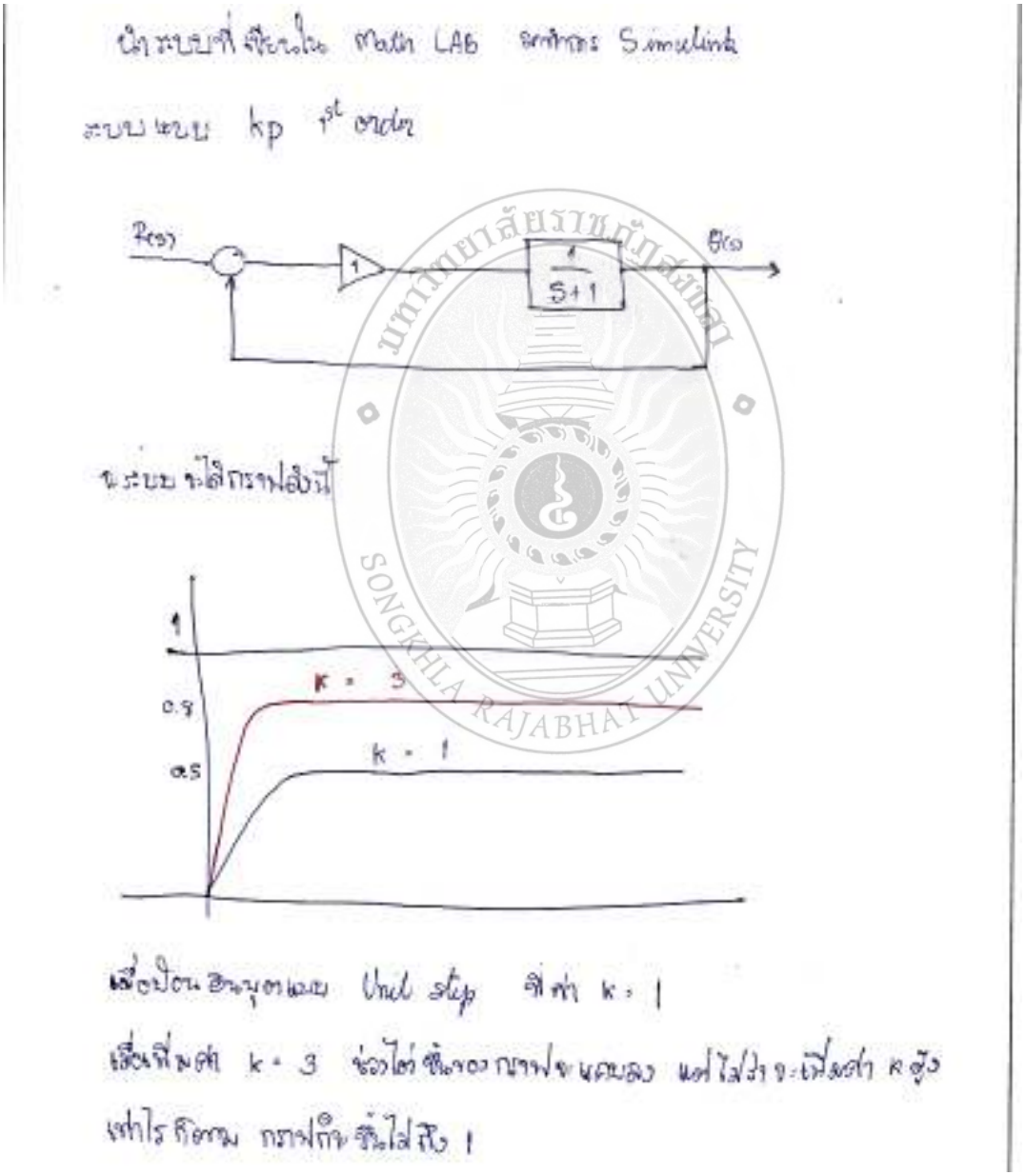
สิ่งที่เราได้จากการทดลองในครั้งนี้ครั้งแรกเราทดลองหมุนทวนเข็มนาฬิกาของมอเตอร์ Channel A จะเกิดขึ้นก่อน Channel B 90° เนื่องจากเซนเซอร์รุ่น Encoder ตรวจจับ Channel A ก่อน จึงทำให้สัญญาณพัลส์เกิดก่อน Channel B และ Position เป็นตัวกำหนดว่าหมุนซ้ายหมุนขวา หมุนซ้าย Position = 0 หรือ CW = 0 มอเตอร์หมุนขวา CCW = 1

**ภาพที่ 4-6** การสรุปผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

จากภาพที่ 4-6 ผู้เรียนอธิบายผลการเรียนรู้ของตนเองตามเป้าหมายที่ตนเองกำหนด จากผลกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนแสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนสร้างความรู้โดยการลงมือทดลองแบบลองผิดลองถูก และสื่อให้เห็นในสิ่งที่ตนเองทำอย่างสมเหตุสมผล จะเห็นได้ว่า สามารถสรุปได้ว่า มอเตอร์หมุน 1 รอบเท่ากับ 360 องศา จะได้จำนวนพัลส์เท่ากับ 180 พัลส์ ดังนั้น 1 พัลส์เท่ากับ 2 องศา

4.2.2.2 ผลงานของผู้เรียนที่สะท้อนให้แห็นถึงการสร้างความรู้

ในส่วนผลงานและชิ้นงานของผู้เรียนที่สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างความรู้ ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างผลงานของผู้เรียนเรื่องการออกแบบอัตราขยายของตัวควบคุม PID เป็นผลงานและชิ้นงานของผู้เรียนที่สะท้อนให้เห็นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนทดสอบตัวควบคุมแบบลูปปิด (Closed-loop Control) จากการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แสดงดังภาพที่ 4-7

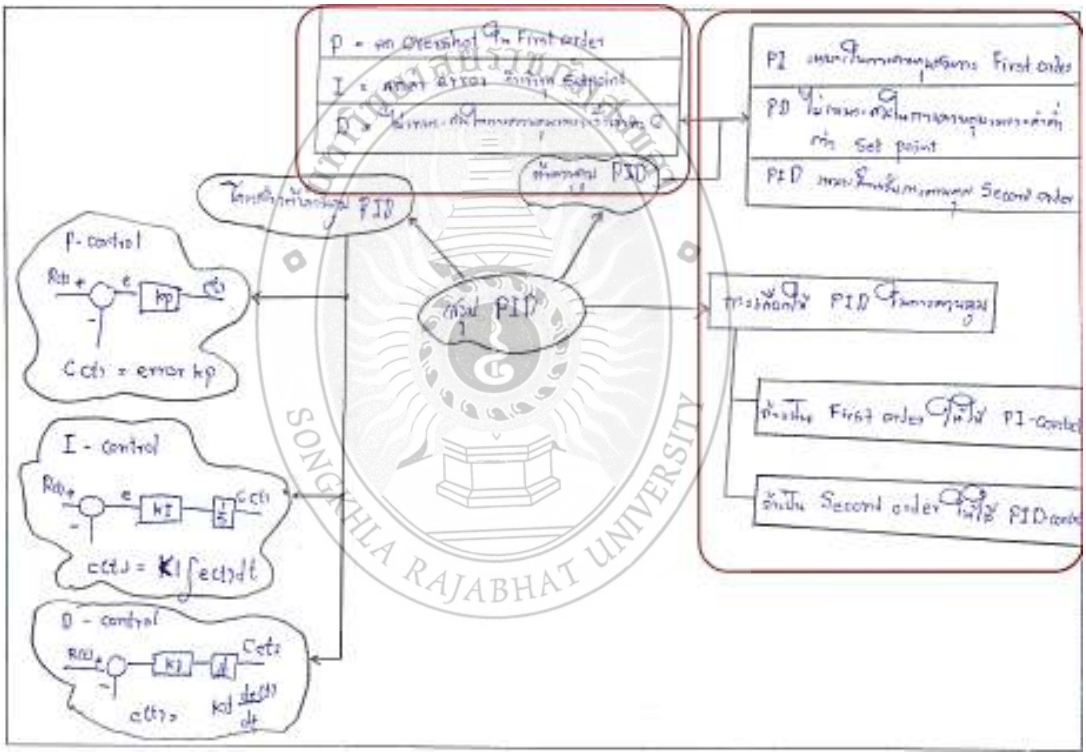



**ภาพที่ 4-7** การเขียนรายงานการทดสอบตัวควบคุมแบบ P

จากภาพที่ 4-7 ผู้เรียนเรียนรู้เรื่องอัตราขยายของตัวควบคุมแบบ P โดยใช้โปรแกรม Simulink จากการเขียนรายงานผลการทดลองของผู้เรียนสะท้อนให้เห็นการสร้างความรู้คือ ผู้เรียน อธิบายถึงพฤติกรรมของตัวควบคุมแบบ P อย่างเป็นนิรนัย กล่าวคือ ตามหลักความจริงแล้วตัวควบคุมแบบ P ไม่สามารถแก้ปัญหา Steady State Error ได้ (วิบูลย์, 2548) ซึ่งตรงกับผู้เรียนอธิบายว่า

“เมื่อเพิ่มค่า k = 3 ช่วงไต่ขึ้นของกราฟจะแคบลง แต่ไม่ว่าจะเพิ่มค่า k สูงเท่าไรก็ตาม กราฟก็จะขึ้นไม่ถึง 1”

ค่า k คือค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบ P ช่วงไต่ขึ้นคือ ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) ไม่ถึง 1 คือ ค่า Steady State Error

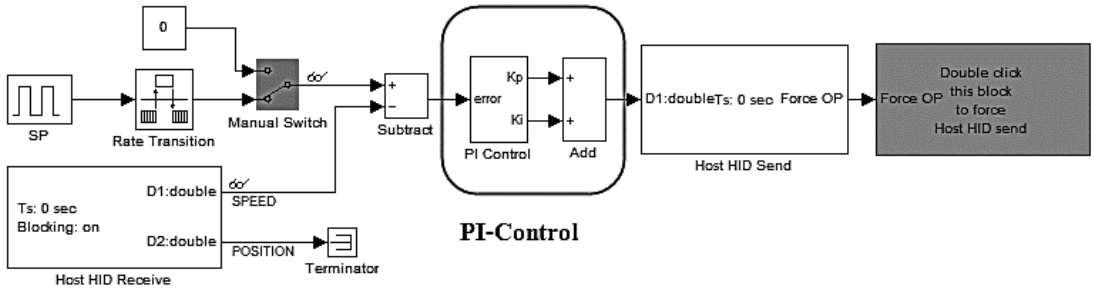



**ภาพที่ 4-8** การเขียนรายงานสรุปกระบวนการทำงานของผู้เรียน

จากภาพที่ 4-8 ผู้เรียนสรุปผลการเรียนรู้โดยใช้วิธีแผนผังความคิด (Mind Map) ผู้เรียนแสดงให้เห็นการวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวควบคุมแบบต่าง ๆ ที่นำมาใช้กับการออกแบบระบบควบคุม จากการทดลองของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนค้นพบว่า ตัวควบคุมแบบ D ไม่สามารถใช้กับสมการอันดับหนึ่งได้ (First Order) และแยกแยะข้อมูลจากการทดลองได้ เช่น

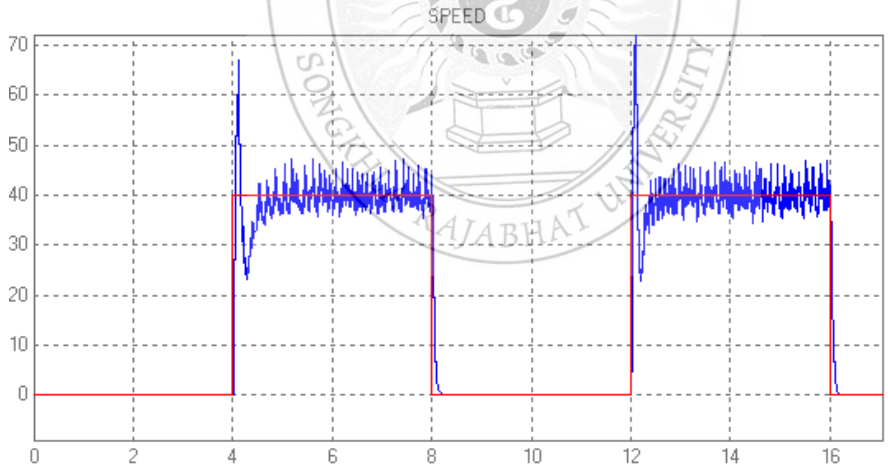
“ถ้าเป็น First Order ให้ใช้ PI” และ “ถ้าเป็น Second Order ให้ใช้ PID”

หลังจากที่ผู้เรียนวิเคราะห์พฤติกรรมของควบคุม PID ได้แล้ว ผู้เรียนใช้วิธี Root Locus ในการออกแบบอัตราขยายของตัวควบคุม แสดงชิ้นงานการออกแบบระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ของผู้เรียนด้วยควบคุมแบบ PI-Control โดยใช้โปรแกรม RapidSTM 32 Blockset ดังภาพที่ 4-9




**ภาพที่ 4-9** การออกแบบระบบความคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมแบบ PI

จากภาพที่ 4-9 ผู้เรียนสามารถออกแบบระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้ และสามารถปรับตัวควบคุม (Tune) ให้เหมาะสมได้ แสดงผลตอบสนองการควบคุมดังภาพที่ 4-10




**ภาพที่ 4-10** ผลการออกแบบระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยตัวควบคุมแบบ PI

จากภาพที่ 4-10 แสดงให้เห็นว่า เมื่อผู้เรียนสร้างความรู้ความเข้าใจกับพฤติกรรมของตัวควบคุม PID ได้แล้ว ผู้เรียนสามารถปรับแต่ง (Tuning) อัตราขยายของตัวควบคุม เพื่อให้ได้ผลตอบสนองของระบบที่เหมาะสมได้

# บทที่ 5
# สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อการเรียนการสอนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาการเกิดการเรียนรู้และการสร้างความรู้ด้วยตนเองตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ผู้วิจัยนำเสนอโดยสรุปและอภิปรายผลการวิจัยดังนี้

5.1.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัยขอมูลเชิงคุณภาพ

การศึกษาข้อมูลการวิจัยเชิงคุณภาพ การวิจัยครั้งนี้ได้สร้างหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการเรื่อง การวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม โดยใช้เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวเป็นสื่อช่วยสร้างความรู้ ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน ICAE Model เป็นการจัดประสบการณ์โดยการจัดการเรียนรู้ที่เป็นจริง เน้นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ แสดงความคิดเห็นและเรียนรู้ด้วยตนเอง เริ่มจากผู้เรียนเขียนโปรแกรมรับสัญญาณอินพุตจากเซนเซอร์ นำสัญญาณมาแสดงผ่านคอมพิวเตอร์และประมวลผลสัญญาณเพื่อส่งเป็นสัญญาณเอาต์พุตเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งออกแบบตัวควบคุม PID ซึ่งจากที่ผู้เรียนได้ลงมือทำในส่วนนี้ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถอธิบายเชื่อมโยงระหว่างพฤติกรรมของผลตอบสนองของระบบควบคุมมอเตอร์กับพารามิเตอร์ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ และเป็นพื้นฐานในการต่อยอดองค์ความรู้การออกแบบอัตราขยายตัวควบคุม PID ให้ได้ผลตอบสนองของระบบที่เหมาะสม สอดคล้องกับ Papert (2009) ที่ได้นำเสนอการใช้โปรแกรม LOGO โดยใช้เต่าเป็นสื่อช่วยให้ผู้เรียนแสดงออกทางความคิด ผู้เรียนสามารถคำนวณทิศทางการเดินของเต่าให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ ตามความสนใจของตนเอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือสร้างชิ้นงาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการเขียนรายงานการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นการจัดการเรียนการสอนของการใช้รูปแบบ แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนที่ประกอบไปด้วย การจัดกิจกรรมเรียนรู้ที่เป็นจริง การบูรณาการเนื้อหา การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน ผู้เรียนเขียนแผนผังเชื่อมโยงสรุปความรู้จากที่ตนเองได้ลงมือทดลอง และสามารถวางแผนกระบวนการสร้างชิ้นงานได้อย่างเป็นขั้นตอนจากการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนจะมีขั้นตอนการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน โดยมีความรู้พื้นฐานที่ต่างกัน

เป็นหลัก สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างความรู้ ดังที่ Guzdial (1997) กล่าวถึงการส่งถ่ายความรู้และทักษะในการนำความรู้ไปใช้งานจริงว่า ผู้เรียนเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญาภายใน ซึ่งเป็นการปรับความรู้ที่มีอยู่ในตัวเองจากสิ่งที่สามารถจับต้องได้ภายนอกหรือสิ่งที่ผู้เรียนกำลังทำอยู่ให้สามารถเข้ากันได้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง และสอดคล้องกับการวิจัยของ ฤทธิไกล (2545) การนำกลยุทธ์การจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน พบว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สรุปเหตุผลและแก้ปัญหาหลังเรียนที่สูงขึ้น

**5.2 ข้อเสนอแนะ**

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อการเรียนการสอนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาการเกิดการเรียนรู้และการสร้างความรู้ด้วยตนเองตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้และข้อเสนอแนะการทำวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เน้นให้ผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างชิ้นงานจากการทดลองใช้ชุดการทดลองที่ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โปรแกรม Waijung Blockset และบอร์ด Fio2 ใช้งานง่ายแต่จำเป็นต้องใช้โปรแกรมที่รองรับการทำงานหลายโปรแกรม ควรติดตั้งและตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดกับคอมพิวเตอร์ให้สมบูรณ์ก่อนจัดการเรียนการสอน เพื่อลดเวลาการแก้ปัญหาด้านการใช้โปรแกรมในระหว่างเรียน การเก็บข้อมูลในการวิจัยนอกเหนือจากการประเมินตามสภาพจริงจากการเขียนรายงานของผู้เรียนที่สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างความรู้ผ่านการใช้ชุดทดลองแล้ว ยังสามารถใช้วิธีอื่นได้ เช่น การบันทึกวีดิทัศน์ในการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเสนอผลงานด้ายวาจา เพื่อแก้ปัญหาด้านการเขียนสำหรับผู้เรียนที่ไม่ชอบเขียนรายงาน และการนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปใช้จริงกับห้องเรียนที่มีขนาดใหญ่ควรมีระบบพี่เลี้ยง (Mentor) ช่วยชี้แนะให้คำปรึกษาในการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นการสอนของรูปแบบการเรียนการสอน

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวน 19 คน จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างเก็บข้อมูลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนแต่ละคนมีวิธีการและความสามารถในการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน และการศึกษางานวิจัยที่กับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานพบว่า กระบวนการวิจัยจะเน้นการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็น

รายบุคคล ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปสามารถการใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นรายบุคคลดังกล่าวได้

# บรรณานุกรม


**ภาษาไทย**

กมลวรรณ ตังธนกานนท์. การพัฒนากระบวนการจัดทำแฟ้มสะสมงานเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาแบบเต็มรูปแบบในโรงเรียนดรุณสิขาลัย. วิทยานิพนธ์ปรัชญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

กระทรวงศึกษาธิการ. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. กระทรวงศึกษาธิการ, 2542.

กรองได อุณหสูต. การสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร. [ออนไลน์] 2553. [สืบค้นวันที่19 เมษายน 2556]. จาก http://www.ns.mahidol.ac.th/english/th/degree_bns/group.html

กองบรรณาธิการ. “Proof of concept ทำเรื่องยากให้ง่ายขึ้นด้วย Fio Boards และ RapidSTM32Blockset.” วารสาร INNOMAG. 38 (2554) : 25-27.

คฑาวุธ ชุมขวัญ. การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอนโดยใช้สื่อประสมเรื่องเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง พ.ศ.2546) สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.

เจษฎา ประวาลปัทม์กุล, วัชรวลี ตั้งคุปตานนท์ และสุนทร วิทูสุรพจน์. “การประยุกต์ใช้ทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิสซึ่มด้วยโรโบมายด์สำหรับการเรียนเขียนโปรแกรม.” วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ. ปีที่ 5 ฉบับที่ 10 (2552) : 1-6.

เจมส์ เบลลันกา และรอน แบรนต์. ทักษะแห่งอนาคตใหม่ การศึกษาเพื่อศตวรรษที่ 21. แปลโดย วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และอธิป จิตตฤกษ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โอเพ่น เวิลด์ส, 2556.

ชูชาติ สีเทา. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า 2 เรื่องอนุกรมฟูเรียร์ การแปลงฟูเรียร์ การประยุกต์ใช้งานฟูเรียร์ในวงจรไฟฟ้า และวงจรสองพอร์ต. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

ณัฐกฤตา ศิริโสภณ และสาโรช โศภีรักษ์. “การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บตามแนวคิดการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.” วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาลัยเขตปัตตานี. ปีที่ 24 ฉบับที่ 3 (2556) : 96-120.

ทนงศักดิ์ ปัดสินธุ์. การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง สิ่งแวดล้อมลำน้ำปาว โยใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยของแก่น, 2551.

ทิศนา แขมมณี. ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

_____. ศาสตร์การสอน. กรุงเทพมหานคร : บริษัทด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด, 2551.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. การวัดและประเมินผลการศึกษา : ทฤษฎี และการประยุกต์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์, 2537.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์, 2553.

ประพนธ์ จุนทวิเทศ. การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ. [ออนไลน์] 1 พฤศจิกายน 2549. [สืบค้นวันที่ 16 มิถุนายน 2553]. จาก http://www.onec.go.th

ปวีณา ภูมิแดนดิน. การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่องทรัพย์ในดินถิ่นของเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. โรงเรียนโคกคำวิทยา อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยของแก่น,2551.

พรรณี ลีกิจวัฒนะ.การวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 6กรุงเทพมหานคร: มีน เซอร์วิส ซัพพลาย, 2554.

พิมพันธ์ เดชะคุปและคณะ.การสอนคิดด้วยโครงงาน. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2548.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, พเยาว์ ยินดีสุข และราเชน มีศรี.การสอนคิดด้วยโครงงานแบบบูรณาการ. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553. ในเล่มพิมพ์เป็นปี 2551 ในบทที่ 2 และบทที่ 3 จะต้องใช้ปีพ.ศ. อะไรคะ

พิมพันธ์ เดชะคุป และพเยาว์ ยินดีสุข. สอนเขียนแผนบูรณาการ บนฐานเด็กเป็นสำคัญ. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.

พิสิฐ เมธาภัทร และธีระพล เมธีกุล. ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.

ไพโรจ เมธีกุล. ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชศรีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2554.

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด คณะวิศวกรรมศาสตร์.หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553.

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม.หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2555.

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555.

มนตรี แย้มกสิกร.เกณฑ์ประสิทธิภาพในงานวิจัยและพัฒนาสื่อการสอน: ความแตกต่าง 90/90 Standard และ E1/E2. พิมพ์ครั้งที่ 1. จำนวน 5,000 เล่ม. ชลบุรี :เท็กกู๊ดครีเอชั่น, 2553.

ฤทธิไกร ตุลวรรธนะ.การพัฒนากลยุทธ์การจัดระบบการเรียนการสอนแบบสรรคนิยมของสถาบันอุดมศึกษาไทย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาอุดมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2545.

รังสิมาเพ็ชรเม็ดใหญ่.รายงานสารสนเทศเชิงวิเคราะห์เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว.(รายงานวิจัย).กรุงเทพมหานคร:สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2552

ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา(พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.2538.

_____. เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้สุวีริยาสาส์น : กรุงเทพมหานคร ., .2539

วรัท พฤกษากุลนันท์. “การเปลี่ยนแปลงจากยุคสู่ยุคของนักเทคโนโลยีการศึกษา.”วารสารวิทยาบริการ. ปีที่ 17 ฉบับที่ 2(2549): 29-45.

วิจารณ์ พานิช.การเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพมหานคร. มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ ,2555.

วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ.การควบคุมระบบพลศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

วิชาญเพ็ชรทอง.การศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาด้วยระบบสมองกลฝังตัวในประเทศไทย. วารสารการอาชีวะและเทคนิคศึกษาฉบับที่ 1(2554): 42-50.

ศิริชัย กาญจนวาสี.การประเมินการเรียนรู้: ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย. กรุงเทพมหานคร:อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน). 2543.

ศุภชัย หอวิมานพร และคณะ.การออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมระบบอัตโนมัติในทางวิศวกรรมหลักเพื่อใช้ร่วมกับครุภัณฑ์มาตรฐาน. (รายงานการวิจัย). กรุงเทพมหานคร: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2555.

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์.การยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการประเมินตามสภาพจริง.พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: โนเลจเพลส. 2544.

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์.หลักการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนและการประเมินตามสภาพจริง. กรุงเทพมหานคร: ดวงกมลพับลิชชิ่ง,2554.

สิรจิตต์ เดชอมรชัย.“การออกแบบและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ โดยใช้ทักษะเป็นฐานความคิดในรายวิชาภาษาฝรั่งเศสสำหรับเลขานุการ.”วารสาร มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ ,ปีที่ 30 ฉบับที่ 1(2556) : 89-106.

สุชินเพ็ชรักษ์.รายงานการวิจัยเรื่องการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาในระเทศไทย(Constructionism in Thailand).กรุงเทพมหานคร:สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2554.

สุรัตน์แท่นประเสริฐกุล.จากงานวิจัยสู่ต้นแบบโรงเรียนนวัตกรรมการเรียนรู้ในประเทศไทย. รายงานการประชุมสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1, สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้ สำนักงานเลขาธิการการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร,2556.

สุริพร หลวงใหญ่.การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Constructionism) โรงเรียนเทศบาล 4(บ้านเชียงราย).รายงานการประชุมสัมมนา

วิชาการเรื่อง การพัฒนาการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1, สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร,2556.

โสภาพรรณ ชื่นทองคำ. การใช้กระบวนการ 5S ตามทฤษฎี Cnstructionismพัฒนานักเรียนโรงเรียนบ้านสันกำแพง. รายงานการประชุมสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1, สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร,2556.

อาคม ลักษณะสกุล, พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ และ มงคล หวังสถิตย์วงษ์. การพัฒนารูปแบบการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนด้านวิศวกรรม. การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ, ครั้งที่ 3;กรุงเทพมหานคร,2553.

อาคม ลักษณะสกุล.การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมจำลองเรื่องตัวควบคุมแบบออโตจูน.วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2556.

**ภาษาอังกฤษ**

Alis, M. A. K., Younes, T. M. and Alsabbah, S. A.A Design of a PID Self-Tuning Controller UsungLabVIEW.Journal of Software Engineering and Application, 4. 2011, pp. 161-171.

Ausubel, D. P. The psychology of meaningful verbal learning. New York:Gruner and Stratton. 1963.

Anderson, T.P. “Using model of instruction” C.R. Drill and A.J. Romizowsky (eds.) Instruction Development Paradigm.New Jersey: Educational Publication, 1997.

Babuska, R. and Stramigioli, S.Matlab and Simulink for Modeling and Control.Netherlands: Control Laboratory Faculty of Information Technology and Systems Delft University of Technology, 1999.

Biehler and Snowman.Psychology Applied to Teaching. 6th ed.Boston:Houhton Mifflin Comp. 1990.

Boytchev, P. Logo Tree Project. http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena12/pdf/Logo_TreeProject.pdf 2011.สืบค้นเมื่อ 8 April 8, 2015

Boonpranchoo, V., Kongratana, V., Tipsuwanporn, V., and Numsomran, A. Design of Temporal Logic embedded controller for small oven process.11th International Conference on Control, Automation and Systems, 2011. 1354-1357.

Boyer, B.A. andSemrau, P. A Constructivist Approach to Social Studies: Integrating Technology. Social Study and The Young Learner, 7, 14-16. 1995.

Bruckman, A. S. Moose crossing Constructionism community and learning in a networked vital world for kids.Doctoral Dissertation.Media Arts and Science in Epistemology and Learning, Graduate School, Massachusette Institute of Technology, 1997.

Charles, I. and Hubert, P. E. Electric Machines : Theory, Operation, Adjustment and Control. [n.p.] : Prentice Hall, 2002.

Cole, D. J., Ryan, C. W., Kick, F., and Mathies, B. K. Portfolio across the curriculum and beyond.Thousand Oaks, CA: Sage Publication. 2000.

Dong-Jin, L.An undergraduate laboratory course in real-time dynamic control.Education, IEEE.48(1) 2005: 105-110.

Elizabeth, M.Constructivism: From Philosophy to Practice.U.S: Educational Resources Information Center (ERIC) 1997.

Emil Ernest, et al. "Methods in Teaching Modern AC Drives: Inverter-fed Motor System with Internet-dased Remote Control Panel." In Proceedings of the EPE-PEMC 2006. Slovenia : Portoroz, 2006.

Frank, M."Teaching technology management in a project-based learning environment," Engineering Management Conference, 2008. IEMC Europe 2008.1-4, doi :10.1109/IEMCE.2008.4618034, 2008.

Fosot, C. Constructing Constructivism. In T. M.Duffy (Ed.), Constructivism and the technology of instruction (pp. 167-181). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers. 1992.

Gajski, et al. Embedded Systems Education: How to Teach the Required Skills?. In Proceedings of the international conference on Hardware/Software Codesign and System Synthesis: 2004 (CODES+ISSS '04). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 254-255. doi: 10.1109/CODES+ISSS.2004,2004.

Guzdial, M. (1997).Constructivism vs. Constructionism. Retrieved October 20, 2012, from http://www.quzdial.cc.qatech.edu/commentary/construct.html

Gulikers, J. T. M., Bastiaens, T. J., and Kirschner, P. A.A Five-Dimensional Framework for Authentic Assessment.ETR and D. Vol 52, No 3. pp. 67-86. 2004.

Gustafson, K. L., and Branch, R. M. What is instructional design?.In R. A. Reiser and J. A. Dempsey(Eds.), Trends and issues in instructional design and technology (pp. 16-25).NJ: Merrill/Prentice-Hell. 2002.

Grzegorz, S., Tomasz, Z., and Andrzej, B. Rapid Control Prototyping Scilab/Scicos/RTAI for PC-based and ARM-based Platforms.InternationalMulticonference on Computer Science and Information Technology, 2008. pp. 739-744.

Hart, D. (1994).Authentic assessment:Ahandbook for educators. Menlo Park, CA:Addision Wesley Publishing.

Hsu, R. C., Liu, W-C. "Project based learning as a pedagogical tool for embedded system education," Information Technology: Research and Education, 2005.ITRE 2005.362-366.doi: 10.1109/ITRE.2005.1503143, 2005.

Hansson, A., Akesson B., &Meerbergen J. F. Multi-processor programming in the embedded system curriculum.SIGBED Rev. 6, 1, Article 9 (January 2009), 9 pages.doi:10.1145/1534480.1534489, 2009.

Hooper, P. K. They have their own thoughts. In B. Y., Kafai, and M. Resnick, (eds.), Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in digital world.NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1996 pp. 241-253.

Hergenhahn, B.R. andOlsen, M.H.An introduction to theories of learning. 4th ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hell. 1993.

Hsu, R. C. and Liu W-C."Project based learning as a pedagogical tool for embedded system education," Information Technology: Research and Education, 2005. ITRE 2005.June 2005, 362- 366, 27-30, doi: 10.1109/ITRE.2005.1503143, 2005.

Jonassen, D. H. Evaluating constructivist learning.In T. M. Duffy (Ed.), Constructivism and the technology of instruction (pp. 137-147).New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers. 1992.

Kode, S., Rao, S ., KaumudiNagaraju, K., and Ravi K. D.Integrative Learning: Integrating a Course on Human Values with Technology Education, Technology Enhanced Education (ICTEE), 2012 IEEE International Conference 3-5 Jan. 2012.

Kemp, J. E. Instructional Design: A plan for unit and course development. California :Fearon-Pittman, 1977.

Kenneth, G., David Jeff Jackson., & William, A.An Embedded System Curriculum Based on theIEEE/ACM Model Curriculum. IEEE Transaction on Education, Vol. 51, No. 2, MAY 2008.

Kongratana, V., Gulphanich, S., Tipsuwanporn, V., and Huantham, P. Servo state feedback control of the self balancing robot using MATLAB.12th International Conference on Control, Automation and Systems, 2012.414-417.

Manfred Grotzback. "Line Current Harmonics of VSI-Fed Adjustable-Speed Drives." IEEE TRANSACTION ON INDUSTRY APPLICATION. Vol. 36. No. 2. (March-April, 2000).

Martinez, M.L., et al. "Integrating teams in multidisciplinary project based learning in Mechanical Engineering," EducationEngineering (EDUCON), 2010 IEEE, 14-16 April 2010, 709-715, doi: 10.1109/EDUCON.2010.5492508, 2010.

Mecmet Tumay, Vedat Karsli and H. Firat Aksoy. "Computer simulation of three phase ekectrical machines and adjustable-speed AC drives." ELSEVIER Computer and Electrical Engineering. 28) 2002 (: 611-629.

Ming-Han Lee, &Rossling, G."Constructivist and Constructionist Approaches to Constructing Algorithm Visualizations: A Proposal," Advanced Learning Technologies(ICALT), 2011 11th IEEE International Conference, 171-173. Doi: 10.1109/ICALT.2011.56, 2011.

Morris, C. G. and Maisto, A.Understanding psychology. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall. 2001.

Papert, S.Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas, New York: Basic Books, 1993.

Papalia, D. E., Feldman, R. D., and Old, S. W.Human development. 10th ed.Boston: McGraw Hill. 2007.

Paulo Blikstein.มุ่งสู่การศึกษาในทศวรรษที่ 21 ด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้ยุคใหม่ เพื่อการพัฒนาการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลงจากภายใน. รายงานการประชุมสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1, แปลโดย อานันท์ สีห์พิทักษ์เกียรติ. สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้ สำนักงานเลขาธิการการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร,2556.

_____.แนะนำ Fio Boards และ RapidSTM32Blockset.Aimagin. สืบค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2555 จาก https://www.aimagin.com/thai/, 2555.

Piaget, J.Intellectual evolution for adolescence to adulthood.Human Development, 19, 1-12. 1972.

Ricks, K.G., Jackson, D.J. and Stapleton, W.A. “An Embedded Systems Curriculum Based on the IEEE/ACM Model Curriculum,” Education, IEEE Transactions, 51(2), 262-270.doi: 10.1109/TE.2007.909359, 2008.

Resnick, M. andOcko, S.LEGO-Logo: Learning Through and About Design in Constructionist Learning, paper presented at the meeting of Educational Research Association (AERA), April 16, 1990, IditHarel (ed.), Media Lab, MIT, pp.121-128.

Renaldas CIUZAS, Jolanta NAVICKAITE and Lidija USECKIENE. “DEVELOPMENT OF THETEACHERS’ PROFESSIONAL COMPETENCE AND THE NEED FOR ITS CHANGE.” Teacher Education, 13 (2) (2009) : 110–119.

Rocha, L. M. Selected Self-Organization and the Semiotics of Evolutionary Systems.1998 , [online] 1998. [cited 2004, December, 10]. Available from : URL : http://informatics.indiana.edu/rocha/ises.html

Roe, C., &Beynon, W.M.Computer Support for Constructionism in Context.In:IEEEInternational Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2004), 30 August-1 September, Joensuu, Finland, 2004.

Ruenglertpanyakul, W., et al. The project based learning for develop student’s literacy and working skill in rural school. European Journal of Social Sciences, 27(4), 518-531, 2012.

Rothstein, P. Educational psychology. Newyork : McGrawHill Company ,1990 ,cited in Aypay, Ahme. "Teacher' Evaluation of Their Pre-Service Teacher Training." Educational Sciences: Theory and Practice. 9 (3) (2009) : 1113-1123.

Shen, G. An embedded system curriculum for undergraduate software engineering program.InStudies in Computational Intelligence,150, 219-232.doi: 10.1007/978-3-540-70561-1_16, 2008.

Tianzhou, C., Qingsong S., Wei H., Wang J., &Bao, N. "Model Curriculum Construction of Embedded System in Zhejiang University," Computer Science and SoftwareEngineering,2008 International Conference, 5, 671-674, doi: 10.1109/CSSE.2008.315,2008.

Vazalwar, C. S. and Dey Niradhar. "Teacher Competencies and Use of Innovative Techniques for Improving Classroom Practices: A Discussion." Learning Community-An International Journal of Educational and Social Development. Volume 2. Issue 1. (2011).

Verhagen, P. Connectivism: a new learning theory?. [online] 2006. [cited 2011, January 31]. Available from : URL : http://www.scribd.com/doc/88324962/Connectivism-a-New-Learning Theory#scribd.

Vicheanpant, T., andRuenglertpanyakul, W. Attitude about project-based learning and lecture based for develop communication skill. European Journal of Social Sciences, 28 (4), 465-472, 2012.

Vygotsky, L. S. Educational psychology.Florida: CRC Press LLC. 1997.

Watson, J.B. and Rayner, R. Conditioned Emotional Reactions. In States A.W. (ed.), Human Learning: Study Extending Conditioning Principles to Complex Behavior. New York: Holt, Rinchart and Winston, Inc. 1964.

Wei, W., Jing-ying, Z., and Chen, G. "Education on Embedded System Curriculum in Nationalities Universities," Circuits, Communications and System (PACCS), 2011 Third Pacific-AsiaConference.doi: 10.1109/PACCS.2011.5990146, 2011.

Weil, M., Joyce, B. and Kluwin, B.Personal models of teaching: expanding your teaching repertoire. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc., 1978.

Wood, E. G., Wood, S. E., and Boyd, D.The world of psychology. 5th ed. Boston:Allyn and Bacon. 2005.

Xiaoxiong, Xu. “The application of project based learning in the teaching of Instructional System Design,” Electrical and Control Engineering (ICECE), 2011 6832-6835, doi: 10.1109/ICECENG.2011.6056764, 2011.

ภาคผนวก ก

- รายการหัวข้อที่ทำการวิจัย (Topic Listing Sheet)
- รายการประเมินค่าความสำคัญของหัวเรื่อง (Topic Detailing Valuation Sheet)
- รายการหัวข้อย่อยที่ทำวิจัย (Sub-Topic Listing Sheet)
- การประเมินค่าความสำคัญของหัวเรื่องย่อย (Topic Detailing Valuation Sheet)
- การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Object Analysis Listing Form)
- การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ (Object Analysis Listing Form)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

## การวิเคราะห์เนื้อหา

**ตารางที่ ข-1** รายการหัวข้อที่ทำการวิจัย (Topic Listing Sheet)

**เรื่อง :** การออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมด้วยตัวควบคุม PID

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | แหล่งข้อมูล | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D |
| 1 | เซ็นเซอร์ (Sensor) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 2 | การกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low pass filter) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3 | ระบบควบคุมความเร็ว DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4 | ระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5 | ระบบควบคุมอุณหภูมิ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 6 | ตัวควบคุม PID | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 7 | การออกแบบตัวควบคุม PID | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

**หมายเหตุ**

**A** คำอธิบายรายวิชา

**B** เอกสารและตำรา

**C** ผู้เชี่ยวชาญ

**D** ประสบการณ์ของผู้พัฒนาหลักสูตรรายวิชา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-2** รายการประเมินค่าความสำคัญของหัวเรื่อง (Topic Detailing Valuation Sheet)

**เรื่อง :** การออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมด้วยตัวควบคุม PID

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | ค่าความสำคัญ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **I.V.** | **F.P.** | **I.R.** | **N.S.** | **L.D.** |
| 1 | เซ็นเซอร์ (Sensor) | X | X | I | X | M |
| 2 | การกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low pass filter) | X | X | I | X | M |
| 3 | ระบบควบคุมความเร็ว DC Motor | X | X | I | X | M |
| 4 | ระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor | X | X | I | X | M |
| 5 | ระบบควบคุมอุณหภูมิ | X | X | I | X | M |
| 6 | ตัวควบคุม PID | X | X | I | X | M |
| 7 | การหาค่าอัตราขยายของตัวควบคุม PID | X | X | I | X | M |

**หมายเหตุ**

I.V คือ ความสำคัญสำหรับวิชาชีพ
- X : จำเป็นมาก
- I : จำเป็นปานกลาง
- O : จำเป็นน้อย

F.P. คือ ความถี่ของการใช้งานประจำ
- X : ใช้งานประจำ
- I : นาน ๆ ครั้ง
- O : ไม่ค่อยใช้งาน

I.R. คือ ความสัมพันธ์ของวิชาสัมพันธ์
- X : สำคัญมากต่อการเรียนวิชาอื่น ๆ
- I : อาจนำไปใช้ในวิชาอื่นบ้าง
- O : ไม่ได้นำไปใช้

N.S. คือ ความจำเป็นสำหรับขั้นตอน
- X : เหมาะสมไม่สามารถเลื่อนได้
- O : สามารถเลื่อนหรือตัดทิ้งได้

L.D. คือ ความยากง่ายของการเรียน
- V : ยากต่อการเรียนมาก
- M : ยากต่อการเรียนปานกลาง
- E : ยากต่อการเรียนน้อย
- P : เป็นความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-3** รายการหัวข้อย่อยที่ทำวิจัย (Sub-Topic Listing Sheet)

**เรื่อง :** เซ็นเซอร์ (Semsor)

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | แหล่งข้อมูล | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D |
| 1.1 | เซ็นเซอร์วัดตำแหน่ง (Position Sensor) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 1.2 | เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (Temperature Sensor) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

**หมายเหตุ**

**A** คำอธิบายรายวิชา

**B** เอกสารและตำรา

**C** ผู้เชี่ยวชาญ

**D** ประสบการณ์ของผู้พัฒนาหลักสูตรรายวิชา

**เรื่อง :** การกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low pass filter)

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | แหล่งข้อมูล | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D |
| 2.1 | การออกแบบวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 2.2 | การวิเคราะห์การกรองสัญญาณความถี่ต่ำแบบ FFT | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

**หมายเหตุ**

**A** คำอธิบายรายวิชา

**B** เอกสารและตำรา

**C** ผู้เชี่ยวชาญ

**D** ประสบการณ์ของผู้พัฒนาหลักสูตรรายวิชา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-3 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ระบบควบคุมความเร็ว DC Motor

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | แหล่งข้อมูล | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D |
| 3.1 | แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมความเร็ว DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3.2 | แผนภาพบล็อกของระบบควบคุมความเร็ว DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3.3 | ฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมความเร็ว DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3.4 | ผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็ว DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3.5 | ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับผลตอบสนองของความเร็ว DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

**หมายเหตุ**

**A** คำอธิบายรายวิชา

**B** เอกสารและตำรา

**C** ผู้เชี่ยวชาญ

**D** ประสบการณ์ของผู้พัฒนาหลักสูตรรายวิชา

**เรื่อง :** ระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | แหล่งข้อมูล | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D |
| 4.1 | แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4.2 | แผนภาพบล็อกของระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4.3 | ฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4.4 | ผลตอบสนองของระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4.5 | ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับผลตอบสนองของตำแหน่ง DC Motor | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

**หมายเหตุ**

**A** คำอธิบายรายวิชา

**B** เอกสารและตำรา

**C** ผู้เชี่ยวชาญ

**D** ประสบการณ์ของผู้พัฒนาหลักสูตรรายวิชา

**ตารางที่ ข-3 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ระบบควบคุมอุณหภูมิ

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | แหล่งข้อมูล | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D |
| 5.1 | แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมอุณหภูมิ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5.2 | ฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมอุณหภูมิ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5.3 | ผลตอบสนองของระบบควบคุมอุณหภูมิ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5.4 | ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับผลตอบสนองของคุมอุณหภูมิ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

**หมายเหตุ**

**A** คำอธิบายรายวิชา

**B** เอกสารและตำรา

**C** ผู้เชี่ยวชาญ

**D** ประสบการณ์ของผู้พัฒนาหลักสูตรรายวิชา

**เรื่อง :** ตัวควบคุม PID

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | แหล่งข้อมูล | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D |
| 6.1 | โครงสร้างของตัวควบคุม PID | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 6.2 | พฤติกรรมของตัวควบคุม PID | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 6.3 | ผลของอัตราขยายตัวควบคุม PID | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

**หมายเหตุ**

**A** คำอธิบายรายวิชา

**B** เอกสารและตำรา

**C** ผู้เชี่ยวชาญ

**D** ประสบการณ์ของผู้พัฒนาหลักสูตรรายวิชา

**ตารางที่ ข-3 (ต่อ)**

**เรื่อง :** การออกแบบตัวควบคุม PID

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | แหล่งข้อมูล | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **A** | **B** | **C** | **D** |
| 7.1 | วิธีซีเกลอร์-นิโคลส์ (Zieger-Nichols) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 7.2 | วิธีเชน-ฮรอน-เรสวิก หรือ CHR (Chien-Hrones-Reswick) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 7.3 | วิธีรูตโลคัส (Root Locus) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

**หมายเหตุ**

**A** คำอธิบายรายวิชา

**B** เอกสารและตำรา

**C** ผู้เชี่ยวชาญ

**D** ประสบการณ์ของผู้พัฒนาหลักสูตรรายวิชา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-4** การประเมินค่าความสำคัญของหัวเรื่องย่อย (Topic Deteiling Valuation Sheet)

**เรื่อง :** เซ็นเซอร์ (Sensor)

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | ค่าความสำคัญ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **I.V.** | **F.P.** | **I.R.** | **N.S.** | **L.D.** |
| 1.1 | เซ็นเซอร์วัดตำแหน่ง (Position Sensor) | X | X | I | X | M |
| 1.2 | เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (Temperature Sensor) | X | X | I | X | M |

**หมายเหตุ**

I.V คือ ความสำคัญสำหรับวิชาชีพ
- X : จำเป็นมาก
- I : จำเป็นปานกลาง
- O : จำเป็นน้อย

F.P. คือ ความถี่ของการใช้งานประจำ
- X : ใช้งานประจำ
- I : นาน ๆ ครั้ง
- O : ไม่ค่อยใช้งาน

I.R. คือ ความสัมพันธ์ของวิชาสัมพันธ์
- X : สำคัญมากต่อการเรียนวิชาอื่น ๆ
- I : อาจนำไปใช้ในวิชาอื่นบ้าง
- O : ไม่ได้นำไปใช้

N.S. คือ ความจำเป็นสำหรับขั้นตอน
- X : เหมาะสมไม่สามารถเลื่อนได้
- O : สามารถเลื่อนหรือตัดทิ้งได้

L.D. คือ ความยากง่ายของการเรียน
- V : ยากต่อการเรียนมาก
- M : ยากต่อการเรียนปานกลาง
- E : ยากต่อการเรียนน้อย
- P : เป็นความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-4 (ต่อ)**

**เรื่อง :** การกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low pass filter)

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | ค่าความสำคัญ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **I.V.** | **F.P.** | **I.R.** | **N.S.** | **L.D.** |
| 2.1 | การออกแบบวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ | X | X | I | X | M |
| 2.2 | การวิเคราะห์การกรองสัญญาณความถี่ต่ำแบบ FFT | X | X | I | X | M |

**หมายเหตุ**

I.V คือ ความสำคัญสำหรับวิชาชีพ

X : จำเป็นมาก

I : จำเป็นปานกลาง

O : จำเป็นน้อย

F.P. คือ ความถี่ของการใช้งานประจำ

X : ใช้งานประจำ

I : นาน ๆ ครั้ง

O : ไม่ค่อยใช้งาน

I.R. คือ ความสัมพันธ์ของวิชาสัมพันธ์

X : สำคัญมากต่อการเรียนวิชาอื่น ๆ

I : อาจนำไปใช้ในวิชาอื่นบ้าง

O : ไม่ได้นำไปใช้

N.S. คือ ความจำเป็นสำหรับขั้นตอน

X : เหมาะสมไม่สามารถเลื่อนได้

O : สามารถเลื่อนหรือตัดทิ้งได้

L.D. คือ ความยากง่ายของการเรียน

V : ยากต่อการเรียนมาก

M : ยากต่อการเรียนปานกลาง

E : ยากต่อการเรียนน้อย

P : เป็นความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-4 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ระบบควบคุมความเร็ว DC Motor

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | ค่าความสำคัญ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **I.V.** | **F.P.** | **I.R.** | **N.S.** | **L.D.** |
| 3.1 | แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมความเร็ว DC Motor | X | X | X | X | M |
| 3.2 | แผนภาพบล็อกของระบบควบคุมความเร็ว DC Motor | X | X | I | X | M |
| 3.3 | ฟังก์ชัน โอนย้ายของระบบควบคุมความเร็ว DC Motor | X | X | I | X | M |
| 3.4 | ผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็ว DC Motor | X | X | I | X | M |
| 3.5 | ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับผลตอบสนองความเร็ว DC Motor | X | X | I | X | M |

**หมายเหตุ**

I.V คือ ความสำคัญสำหรับวิชาชีพ
- X : จำเป็นมาก
- I : จำเป็นปานกลาง
- O : จำเป็นน้อย

F.P. คือ ความถี่ของการใช้งานประจำ
- X : ใช้งานประจำ
- I : นาน ๆ ครั้ง
- O : ไม่ค่อยใช้งาน

I.R. คือ ความสัมพันธ์ของวิชาสัมพันธ์
- X : สำคัญมากต่อการเรียนวิชาอื่น ๆ
- I : อาจนำไปใช้ในวิชาอื่นบ้าง
- O : ไม่ได้นำไปใช้

N.S. คือ ความจำเป็นสำหรับขั้นตอน
- X : เหมาะสมไม่สามารถเลื่อนได้
- O : สามารถเลื่อนหรือตัดทิ้งได้

L.D. คือ ความยากง่ายของการเรียน
- V : ยากต่อการเรียนมาก
- M : ยากต่อการเรียนปานกลาง
- E : ยากต่อการเรียนน้อย
- P : เป็นความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-4 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | ค่าความสำคัญ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **I.V.** | **F.P.** | **I.R.** | **N.S.** | **L.D.** |
| 4.1 | แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor | X | X | X | X | M |
| 4.2 | แผนภาพบล็อกของระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor | X | X | I | X | M |
| 4.3 | ฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor | X | X | I | X | M |
| 4.4 | ผลตอบสนองของระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor | X | X | I | X | M |
| 4.5 | ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับผลตอบสนองตำแหน่ง DC Motor | X | X | I | X | M |

**หมายเหตุ**

I.V คือ ความสำคัญสำหรับวิชาชีพ
- X : จำเป็นมาก
- I : จำเป็นปานกลาง
- O : จำเป็นน้อย

F.P. คือ ความถี่ของการใช้งานประจำ
- X : ใช้งานประจำ
- I : นาน ๆ ครั้ง
- O : ไม่ค่อยใช้งาน

I.R. คือ ความสัมพันธ์ของวิชาสัมพันธ์
- X : สำคัญมากต่อการเรียนวิชาอื่น ๆ
- I : อาจนำไปใช้ในวิชาอื่นบ้าง
- O : ไม่ได้นำไปใช้

N.S. คือ ความจำเป็นสำหรับขั้นตอน
- X : เหมาะสมไม่สามารถเลื่อนได้
- O : สามารถเลื่อนหรือตัดทิ้งได้

L.D. คือ ความยากง่ายของการเรียน
- V : ยากต่อการเรียนมาก
- M : ยากต่อการเรียนปานกลาง
- E : ยากต่อการเรียนน้อย
- P : เป็นความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-4 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ระบบควบคุมอุณหภูมิ

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | ค่าความสำคัญ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **I.V.** | **F.P.** | **I.R.** | **N.S.** | **L.D.** |
| 5.1 | แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมอุณหภูมิ | X | X | X | X | M |
| 5.2 | ฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมอุณหภูมิ | X | X | I | X | M |
| 5.3 | ผลตอบสนองของระบบควบคุมอุณหภูมิ | X | X | I | X | M |
| 5.4 | ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับผลตอบสนองของคุมอุณหภูมิ | X | X | I | X | M |

**หมายเหตุ**

I.V คือ ความสำคัญสำหรับวิชาชีพ
- X : จำเป็นมาก
- I : จำเป็นปานกลาง
- O : จำเป็นน้อย

F.P. คือ ความถี่ของการใช้งานประจำ
- X : ใช้งานประจำ
- I : นาน ๆ ครั้ง
- O : ไม่ค่อยใช้งาน

I.R. คือ ความสัมพันธ์ของวิชาสัมพันธ์
- X : สำคัญมากต่อการเรียนวิชาอื่น ๆ
- I : อาจนำไปใช้ในวิชาอื่นบ้าง
- O : ไม่ได้นำไปใช้

N.S. คือ ความจำเป็นสำหรับขั้นตอน
- X : เหมาะสมไม่สามารถเลื่อนได้
- O : สามารถเลื่อนหรือตัดทิ้งได้

L.D. คือ ความยากง่ายของการเรียน
- V : ยากต่อการเรียนมาก
- M : ยากต่อการเรียนปานกลาง
- E : ยากต่อการเรียนน้อย
- P : เป็นความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-4 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ตัวควบคุม PID

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | ค่าความสำคัญ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **I.V.** | **F.P.** | **I.R.** | **N.S.** | **L.D.** |
| 6.1 | โครงสร้างของตัวควบคุม PID | X | X | I | X | M |
| 6.2 | พฤติกรรมของตัวควบคุม PID | X | X | I | X | M |
| 6.3 | ผลของอัตราขยายตัวควบคุม PID | X | X | I | X | M |

**หมายเหตุ**

I.V คือ ความสำคัญสำหรับวิชาชีพ

X : จำเป็นมาก

I : จำเป็นปานกลาง

O : จำเป็นน้อย

F.P. คือ ความถี่ของการใช้งานประจำ

X : ใช้งานประจำ

I : นาน ๆ ครั้ง

O : ไม่ค่อยใช้งาน

I.R. คือ ความสัมพันธ์ของวิชาสัมพันธ์

X : สำคัญมากต่อการเรียนวิชาอื่น ๆ

I : อาจนำไปใช้ในวิชาอื่นบ้าง

O : ไม่ได้นำไปใช้

N.S. คือ ความจำเป็นสำหรับขั้นตอน

X : เหมาะสมไม่สามารถเลื่อนได้

O : สามารถเลื่อนหรือตัดทิ้งได้

L.D. คือ ความยากง่ายของการเรียน

V : ยากต่อการเรียนมาก

M : ยากต่อการเรียนปานกลาง

E : ยากต่อการเรียนน้อย

P : เป็นความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-4 (ต่อ)**

**เรื่อง :** การออกแบบตัวควบคุม PID

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | ค่าความสำคัญ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **I.V.** | **F.P.** | **I.R.** | **N.S.** | **L.D.** |
| 7.1 | ออกแบบตัวควบคุม PID โดยวิธีซีเกลอร์-นิโคลส์ (Zieger-Nichols) | X | X | I | X | M |
| 7.2 | ออกแบบตัวควบคุม PID โดยวิธีเชน-ฮรอน-เรสวิก หรือ CHR | X | X | I | X | M |
| 7.3 | ออกแบบตัวควบคุม PID โดยวิธีรูตโลคัส (Root Locus) | X | X | I | X | M |

**หมายเหตุ**

I.V คือ ความสำคัญสำหรับวิชาชีพ
- X : จำเป็นมาก
- I : จำเป็นปานกลาง
- O : จำเป็นน้อย

F.P. คือ ความถี่ของการใช้งานประจำ
- X : ใช้งานประจำ
- I : นาน ๆ ครั้ง
- O : ไม่ค่อยใช้งาน

I.R. คือ ความสัมพันธ์ของวิชาสัมพันธ์
- X : สำคัญมากต่อการเรียนวิชาอื่น ๆ
- I : อาจนำไปใช้ในวิชาอื่นบ้าง
- O : ไม่ได้นำไปใช้

N.S. คือ ความจำเป็นสำหรับขั้นตอน
- X : เหมาะสมไม่สามารถเลื่อนได้
- O : สามารถเลื่อนหรือตัดทิ้งได้

L.D. คือ ความยากง่ายของการเรียน
- V : ยากต่อการเรียนมาก
- M : ยากต่อการเรียนปานกลาง
- E : ยากต่อการเรียนน้อย
- P : เป็นความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-5** การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Object Analysis Listing From)

**เรื่อง :** เซ็นเซอร์ (Sensor)

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | Criteria | | | Finalize | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | A | R |
| 1.1 | 1.1.1 บอกความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งมอเตอร์กับจำนวนพัลส์ได้ | | ✓ | | ✓ | |
| 1.2 | 1.2.1 บอกความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุตกับอุณหภูมิ °C ได้ | | ✓ | | ✓ | |

**หมายเหตุ**

**Criteria :** **1** หมายถึง Promotes Problem solving
**2** หมายถึง Promotes Learning skill
**3** หมายถึง Transfer Values

**Finalize :** **A** หมายถึง Accept
**R** หมายถึง Reject

**เรื่อง :** การกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low pass filter)

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | Criteria | | | Finalize | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | A | R |
| 2.1 | 2.1.1 ออกแบบวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำได้ | ✓ | | | ✓ | |
| | 2.1.2 คำนวณหาฟังก์ชันโอนย้ายของวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำได้ | ✓ | | | ✓ | |
| 2.2 | 2.2.1 บอกวิธีวิเคราะห์การกรองสัญญาณความถี่ต่ำด้วยวิธี FFT ได้ | | ✓ | | ✓ | |
| | 2.2.2 บอกความหมายความถี่คัตออฟการกรองสัญญาณความถี่ต่ำได้ | | ✓ | | ✓ | |

**หมายเหตุ**

**Criteria :** **1** หมายถึง Promotes Problem solving
**2** หมายถึง Promotes Learning skill
**3** หมายถึง Transfer Values

**Finalize :** **A** หมายถึง Accept
**R** หมายถึง Reject

**ตารางที่ ข-5 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ระบบควบคุมความเร็ว DC Motor

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | Criteria | | | Finalize | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | A | R |
| 3.1 | 3.1.1 อธิบายแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมความเร็วได้ | | ✓ | | ✓ | |
| 3.2 | 3.2.1 เขียนแผนภาพบล็อกของระบบควบคุมความเร็วได้ | ✓ | | | ✓ | |
| 3.3 | 3.3.1 เขียนฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมความเร็วได้ | ✓ | | | ✓ | |
| 3.4 | 3.4.1 อธิบายผลตอบสนองระบบควบคุมมีอินพุตเป็นฟังก์ชันบันไดได้ | | ✓ | | ✓ | |
| 3.5 | 3.5.1 อธิบายความสัมพันธ์พารามิเตอร์กับผลตอบสนองของระบบได้ | | ✓ | | ✓ | |

**หมายเหตุ**

**Criteria :** **1** หมายถึง Promotes Problem solving
**2** หมายถึง Promotes Learning skill
**3** หมายถึง Transfer Values

**Finalize :** **A** หมายถึง Accept
**R** หมายถึง Reject

**เรื่อง :** ระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | Criteria | | | Finalize | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | A | R |
| 4.1 | 4.1.1 อธิบายแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมตำแหน่งได้ | | ✓ | | ✓ | |
| 4.2 | 4.2.1 เขียนแผนภาพบล็อกของระบบควบคุมตำแหน่งได้ | ✓ | | | ✓ | |
| 4.3 | 4.3.1 เขียนฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมตำแหน่งได้ | ✓ | | | ✓ | |
| 4.4 | 4.4.1 อธิบายผลตอบสนองระบบควบคุมมีอินพุตเป็นฟังก์ชันบันไดได้ | | ✓ | | ✓ | |
| 4.5 | 4.5.1 อธิบายความสัมพันธ์พารามิเตอร์กับผลตอบสนองของระบบได้ | | ✓ | | ✓ | |

**หมายเหตุ**

**Criteria :** **1** หมายถึง Promotes Problem solving
**2** หมายถึง Promotes Learning skill
**3** หมายถึง Transfer Values

**Finalize :** **A** หมายถึง Accept
**R** หมายถึง Reject

**ตารางที่ ข-5 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ระบบควบคุมอุณหภูมิ

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | Criteria | | | Finalize | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | A | R |
| 5.1 | 5.1.1 อธิบายแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมอุณหภูมิได้ | | ✓ | | ✓ | |
| 5.2 | 5.2.1 เขียนฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมอุณหภูมิได้ | ✓ | | | ✓ | |
| 5.3 | 5.3.1 อธิบายผลตอบสนองระบบควบคุมมีอินพุตเป็นฟังก์ชันบันไดได้ | | ✓ | | ✓ | |
| 5.4 | 5.4.1 อธิบายความสัมพันธ์พารามิเตอร์กับผลตอบสนองของระบบได้ | | ✓ | | ✓ | |

**หมายเหตุ**

**Criteria :** **1** หมายถึง Promotes Problem solving
**2** หมายถึง Promotes Learning skill
**3** หมายถึง Transfer Values

**Finalize :** **A** หมายถึง Accept
**R** หมายถึง Reject

**เรื่อง :** ตัวควบคุม PID

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | Criteria | | | Finalize | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | A | R |
| 6.1 | 6.1.1 อธิบายโครงสร้างของตัวควบคุม PID ได้ | | ✓ | | ✓ | |
| 6.2 | 6.2.1 อธิบายพฤติกรรมของตัวควบคุม PID ได้ | | ✓ | | ✓ | |
| 6.3 | 6.3.1 อธิบายผลอัตราขยายตัวควบคุม PID ที่มีต่อพฤติกรรมระบบได้ | | ✓ | | ✓ | |
| | 6.3.2 เลือกใช้ตัวควบคุม PID ได้ | ✓ | | | ✓ | |

**หมายเหตุ**

**Criteria :** **1** หมายถึง Promotes Problem solving
**2** หมายถึง Promotes Learning skill
**3** หมายถึง Transfer Values

**Finalize :** **A** หมายถึง Accept
**R** หมายถึง Reject

**ตารางที่ ข-5 (ต่อ)**

**เรื่อง :** การออกแบบตัวควบคุม PID

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (TOPIC) | Criteria | | | Finalize | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | A | R |
| 7.1 | 7.1.1 บอกการใช้วิธีซีเกลอร์-นิโคลส์ออกแบบตัวควบคุม PID ได้ | | ✓ | | ✓ | |
| 7.2 | 7.2.1 บอกการใช้วิธี CHR ออกแบบตัวควบคุม PID ได้ | | ✓ | | ✓ | |
| 7.3 | 7.3.1 บอกการใช้วิธีรูตโลคัสออกแบบตัวควบคุม PID ได้ | | ✓ | | ✓ | |
| | 7.3.2 ออกแบบตัวควบคุม PID โดยใช้วิธีรูตโลคัสได้ | ✓ | | | ✓ | |

**หมายเหตุ**

**Criteria :** **1** หมายถึง Promotes Problem solving
**2** หมายถึง Promotes Learning skill
**3** หมายถึง Transfer Values

**Finalize :** **A** หมายถึง Accept
**R** หมายถึง Reject

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-6** การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ (Object Analysis Listing Form)

**เรื่อง :** เซ็นเซอร์ (Sensor)

| วัตถุประสงค์ | LS | W | คะแนน | คะแนนรวม | ระดับวัตถุประสงค์ | | | จำนวนแบบทดสอบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | R | A | T | |
| 1.1.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 1.2.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| **ผลรวม** | | | | 4 | | 4 | | 4 |
| **แบบทดสอบ** | | | | | | 4 | | 4 |

**หมายเหตุ**

**LS** หมายถึง Level of Intellectual Skills โดย

R หมายถึง การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A หมายถึง การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T หมายถึง การส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge)

**W** หมายถึง ระดับค่าความสำคัญของวัตถุประสงค์

X เท่ากับ 3

I เท่ากับ 2

O เท่ากับ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-6 (ต่อ)**

**เรื่อง :** การกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low pass filter)

| วัตถุประสงค์ | LS | W | คะแนน | คะแนนรวม | ระดับวัตถุประสงค์ | | | จำนวนแบบทดสอบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | R | A | T | |
| 2.1.1 | T | X | 3 | 3 | | | 3 | 3 |
| 2.1.2 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 2.2.1 | R | O | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| 2.2.2 | R | O | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| **ผลรวม** | | | | 7 | 2 | 2 | 3 | 7 |
| **แบบทดสอบ** | | | | | 7 | | | 7 |

**หมายเหตุ**

**LS** หมายถึง Level of Intellectual Skills โดย

R หมายถึง การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A หมายถึง การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T หมายถึง การส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge)

**W** หมายถึง ระดับค่าความสำคัญของวัตถุประสงค์

X เท่ากับ 3

I เท่ากับ 2

O เท่ากับ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-6 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ระบบควบคุมความเร็ว DC Motor

| วัตถุประสงค์ | LS | W | คะแนน | คะแนนรวม | ระดับวัตถุประสงค์ | | | จำนวนแบบทดสอบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | R | A | T | |
| 3.1.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 3.2.1 | R | O | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| 3.3.1 | R | O | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| 3.4.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 3.5.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| **ผลรวม** | | | | 8 | 2 | 6 | | 8 |
| **แบบทดสอบ** | | | | | | 8 | | 8 |

**หมายเหตุ**

**LS** หมายถึง Level of Intellectual Skills โดย

R หมายถึง การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A หมายถึง การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T หมายถึง การส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge)

**W** หมายถึง ระดับค่าความสำคัญของวัตถุประสงค์

X เท่ากับ 3

I เท่ากับ 2

O เท่ากับ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-6 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor

| วัตถุประสงค์ | LS | W | คะแนน | คะแนนรวม | ระดับวัตถุประสงค์ | | | จำนวนแบบทดสอบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | R | A | T | |
| 4.1.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 4.2.1 | R | O | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| 4.3.1 | R | O | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| 4.4.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 4.5.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| ผลรวม | | | | 8 | 2 | 6 | | 8 |
| แบบทดสอบ | | | | | | 8 | | 8 |

**หมายเหตุ**

**LS** หมายถึง Level of Intellectual Skills โดย

R หมายถึง การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A หมายถึง การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T หมายถึง การส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge)

**W** หมายถึง ระดับค่าความสำคัญของวัตถุประสงค์

X เท่ากับ 3

I เท่ากับ 2

O เท่ากับ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-6 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ระบบควบคุมอุณหภูมิ

| วัตถุประสงค์ | LS | W | คะแนน | คะแนนรวม | ระดับวัตถุประสงค์ | | | จำนวนแบบทดสอบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | R | A | T | |
| 5.1.1 | R | O | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| 5.2.1 | R | O | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| 5.3.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 5.4.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| **ผลรวม** | | | | 6 | 2 | 4 | | 6 |
| **แบบทดสอบ** | | | | | | 6 | | 6 |

**หมายเหตุ**

**LS** หมายถึง Level of Intellectual Skills โดย

R หมายถึง การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A หมายถึง การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T หมายถึง การส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge)

**W** หมายถึง ระดับค่าความสำคัญของวัตถุประสงค์

X เท่ากับ 3

I เท่ากับ 2

O เท่ากับ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-6 (ต่อ)**

**เรื่อง :** ตัวควบคุม PID

| วัตถุประสงค์ | LS | W | คะแนน | คะแนนรวม | ระดับวัตถุประสงค์ | | | จำนวนแบบทดสอบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | R | A | T | |
| 6.1.1 | R | O | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| 6.2.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 6.3.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 6.3.2 | T | X | 3 | 3 | | | 3 | 3 |
| **ผลรวม** | | | | 8 | 1 | 4 | 3 | 8 |
| **แบบทดสอบ** | | | | | 8 | | | 8 |

**หมายเหตุ**

**LS** หมายถึง Level of Intellectual Skills โดย

R หมายถึง การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A หมายถึง การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T หมายถึง การส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge)

**W** หมายถึง ระดับค่าความสำคัญของวัตถุประสงค์

X เท่ากับ 3

I เท่ากับ 2

O เท่ากับ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตารางที่ ข-6 (ต่อ)**

**เรื่อง :** การออกแบบตัวควบคุม PID

| วัตถุประสงค์ | LS | W | คะแนน | คะแนนรวม | ระดับวัตถุประสงค์ | | | จำนวนแบบทดสอบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | R | A | T | |
| 7.1.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 7.2.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 7.3.1 | A | I | 2 | 2 | | 2 | | 2 |
| 7.3.2 | T | X | 3 | 3 | | | 3 | 3 |
| **ผลรวม** | | | | 9 | | 6 | 3 | 9 |
| **แบบทดสอบ** | | | | | 9 | | | 9 |

**หมายเหตุ**

**LS** หมายถึง Level of Intellectual Skills โดย

R หมายถึง การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A หมายถึง การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T หมายถึง การส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge)

**W** หมายถึง ระดับค่าความสำคัญของวัตถุประสงค์

X เท่ากับ 3

I เท่ากับ 2

O เท่ากับ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# ภาคผนวก ข

# ตัวอย่างคู่มือผู้เรียน

| Step of Model Instruction | **Information** | Constructing Knowledge | Application | Evaluation |
|---|---|---|---|---|

**หน่วยที่** 3 **เรื่อง** แบบจำลองคณิตศาสตร์

**วัตถุประสงค์**

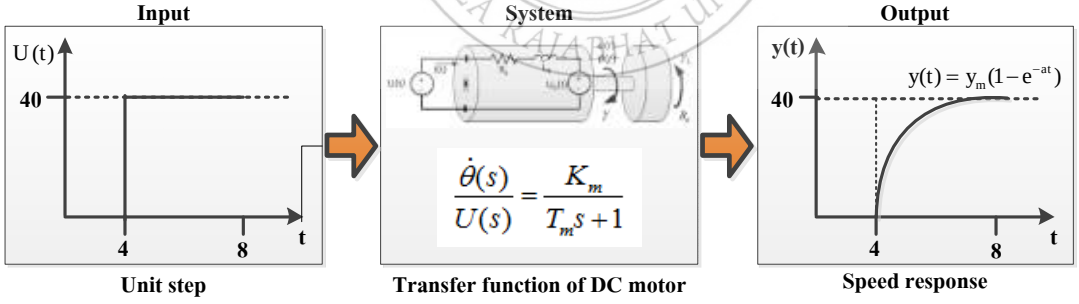
1. อธิบายแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
2. เขียนแผนภาพบล็อกของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
3. เขียนฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
4. อธิบายผลตอบสนองของระบบควบคุมที่มีอินพุตเป็นฟังก์ชันขั้นบันไดได้
5. อธิบายความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับผลตอบสนองของระบบได้

**การวางแผน/ออกแบบการลงมือปฏิบัติ**

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของวงจรสมมูลทางไฟฟ้าและวงจรสมมูลทางกลเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

วิเคราะห์ผลตอบสนองของระบบแบบลูปเปิด (Open loop) โดยป้อนสัญญาณเป็นฟังก์ชันขั้นบันได (Input) กระตุ้นระบบ (System) เพื่อนำผลตอบสนองของระบบ (Output) มาคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าของระบบ ($K_m$ และ $T_m$)

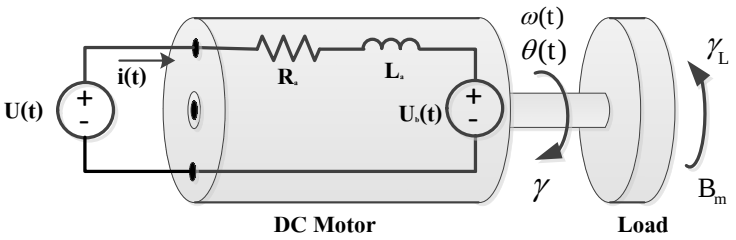
ใช้ วิธี Curve Fitting Tool หรือวิธี System Identification Tool ช่วยคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าของระบบ ($K_m$ และ $T_m$)




**ภาพที่ ค-1** แผนผังการวางแผนการทดลอง

**แบบจำลองคณิตศาสตร์ของ DC มอเตอร์**

เขียนวงจรสมมูลของ DC มอเตอร์




**ภาพที่ ค-2** วงจรสมมูล DC มอเตอร์

จากวงจรสมมูลทางไฟฟ้าประกอบด้วยค่าคงที่และพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของวงจรดังต่อไปนี้

$U_b$ คือ แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (Back emf) (V)

$L_a$ คือ ความต้านทานขดลวดอาเมเจอร์ (Motor Armature Inductance) (H)

$R_a$ คือ ความต้านทานอาเมเจอร์ (Motor Armature Resistance) (Ohm)

$\theta$ คือ ตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ (Angular Position) (rad)

$\omega$ คือ ความเร็วเชิงมุม (Angular Velocity) (rad/s)

J คือ แรงเฉื่อยของมอเตอร์ (Moment of Inertia) (kg $m^2$ / $s^{2)}$

B คือ แรงเสียดทานการหมุนของมอเตอร์ (Coulomb Friction Torque) (Nm)

$\gamma_l$ คือ โหลดของมอเตอร์ (Load Torque) (Nm)

$\gamma$ คือ แรงบิดของมอเตอร์ (Motor Torque) (Nm)

จากจงจรสมมูลทางไฟฟ้าสามารถเขียนสมการแรงดันของมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้กฎ KVL (Kirchoff's Voltage Law) ได้ดังนี้

$$U(t) = R_a i(t) + L_a \frac{di(t)}{dt} + U_b(t) \quad (1)$$

กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์สามารถหาได้จากการแปลงลาปลาซ (Laplace Transform) สมการที่ (1)

$$I(s) = \frac{1}{R_a + L_a s}(U(s) - U_b(s)) \quad (2)$$

แรงดันไฟฟ้าต้านกลับเกิดจากการเคลื่อนที่ของขดลวดอาร์เมเจอร์ตัดกับสนามแม่เหล็ก

$$U_b(t) = K_b \omega(t) \quad (3)$$

แปลงลาปลาซสมการที่(3)

$$U_b(s) = K_b\dot{\theta}(s) \tag{4}$$

แรงบิดของมอเตอร์เกิดจากค่าคงที่สนามแม่เหล็ก ($K_e$) กับกระแสอาร์เมเจอร์

$$\gamma(t) = K_e i(t) \tag{5}$$

แปลงลาปลาซสมการที่ (5)

$$\gamma(s) = K_e I(s) \tag{6}$$

แรงเฉื่อยของมอเตอร์สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$J\ddot{\theta}(t) + B\dot{\theta}(t) = \gamma(t) - \gamma_L(t) \tag{7}$$

แปลงลาปลาซสมการที่ (7)

$$Js^2\theta(s) + Bs\theta(s) = \gamma(s) - \gamma_L(s) \tag{8}$$

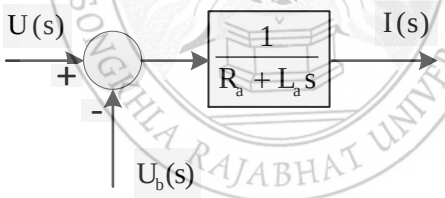
ดังนั้นตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์เท่ากับ

$$\theta(s) = \frac{1}{Js^2 + Bs}(\gamma(s) - \gamma_L(s)) \tag{9}$$

การหาแบบจำลองคณิตศาสตร์ครั้งนี้ใช้วิธียุบแผนภาพบล็อก มีวิธีดังต่อไปนี้

จากสมการที่ (2) สามารถเขียนแผนภาพบล็อกได้ดังนี้

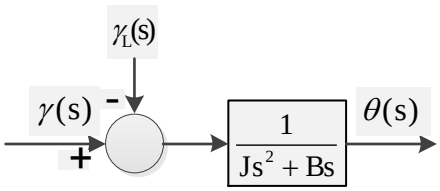
$$I(s) = \frac{1}{R_a + L_a s}(U(s) - U_b(s))$$




**ภาพที่ ค-3** แผนภาพบล็อกสมการที่ (2)

จากสมการที่ (9) สามารถเขียนแผนภาพบล็อกได้ดังนี้

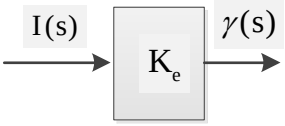
$$\theta(s) = \frac{1}{Js^2 + Bs}(\gamma(s) - \gamma_L(s))$$




**ภาพที่ ค-4** แผนภาพบล็อกสมการที่ (9)

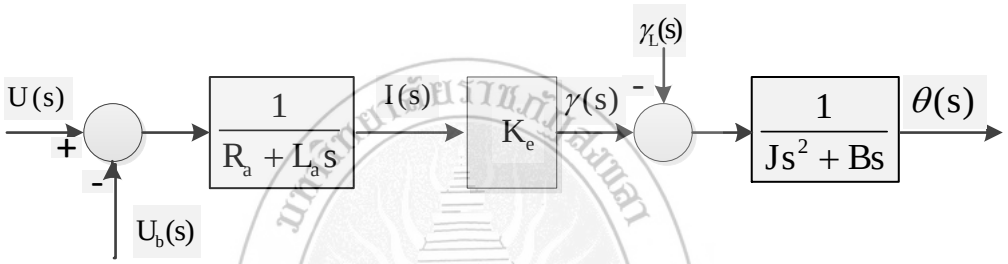
จากสมการที่ (6) สามารถเขียนแผนภาพบล็อกได้ดังนี้

$$\gamma(s) = K_e I(s)$$



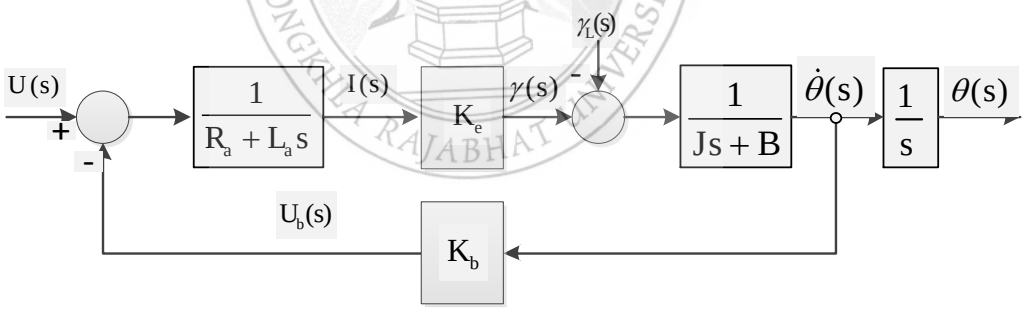

**ภาพที่ ค-5** แผนภาพบล็อกสมการที่ (6)

ดังนั้นจากสมการที่ (2) (6) (9) สามารถเขียนแผนภาพบล็อกได้ดังนี้




**ภาพที่ ค-6** แผนภาพบล็อกสมการที่ (2) (6) (9)

จากสมการที่ (4) สามารถเขียนแผนภาพบล็อกรวมกับสมการที่ (2) (6) (9) ได้ดังนี้




**ภาพที่ ค-7** แผนภาพบล็อกสมการที่ (2) (4) (6) (9)

จากแผนภาพบล็อกภาพที่ ค-7 สามารถใช้วิธีการยุบบล็อกเพื่อหาสมการฟังก์ชันโอยย้าย เมื่อพิจารณาที่ความเร็วของมอเตอร์ $(\dot{\theta}(s))$ ขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลด $(\gamma_L(s) = 0)$ สามารถเขียนสมการฟังก์ชันโอนย้ายได้ดังนี้

$$\frac{\dot{\theta}(s)}{U(s)} = \frac{K_e}{(L_a s + R_a)(Js + B) + K_b K_e)}$$

ในกรณีที่ค่าความต้านทานของขดลวดอาเมเจอร์มีค่าน้อยมาก $(L_a = 0)$

$$\frac{\dot{\theta}(s)}{U(s)} = \frac{K_e}{R_a(Js + B) + K_b K_e)}$$

จัดรูปสมการโดยกำหนดให้โดยยุบค่าคงที่เข้าด้วยกัน

$$\frac{\dot{\theta}(s)}{U(s)} = \frac{\frac{K_e}{R_a B + K_b K_e}}{\frac{R_a Js}{R_a B + K_b K_e} + 1} \tag{10}$$

จากสมการที่ (7) กำหนดให้

$$K_m = \frac{K_e}{R_a B + K_b K_e},\ T_m = \frac{R_a J}{R_a B + K_b K_e}$$

แทนค่า $K_m$ และ $T_m$ ลงในสมการที่ (7) จะได้ฟังก์ชันโอนย้ายของความเร็วของมอเตอร์

$$\boxed{\frac{\dot{\theta}(s)}{U(s)} = \frac{K_m}{T_m s + 1} \text{ หรือ } H(s) = \frac{K_m}{T_m s + 1}} \tag{11}$$

ในกรณีเดียวสามารถใช้วิธีการยุบบล็อกเพื่อหาสมการฟังก์ชันโอยย้าย เมื่อพิจารณาตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ $(\theta(s))$ สามารถเขียนสมการฟังก์ชันโอนย้ายได้ดังนี้

$$\boxed{\frac{\theta(s)}{U(s)} = \frac{K_m}{s(T_m s + 1)} \text{ หรือ } H(s) = \frac{K_m}{s(T_m s + 1)}} \tag{12}$$

**ผลตอบสนองของระบบอันดับหนึ่ง**

การคำนวณหาพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าของระบบโดยป้อนฟังก์ชันขั้นบันไดเป็นอินพุตให้กับระบบ กำหนดให้ $K_{m1}$ เป็นค่าอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ แทนค่าอินพุตลงในสมการที่ (11)

$$\dot{\theta}(s) = \frac{K_m}{T_m s + 1} \times \frac{K_{m1}}{s} \tag{22}$$

จัดรูปสมการ กำหนดให้ $\frac{K_m K_{m1}}{T_m} = K$ เป็นค่าคงที่ แทนค่าลงในสมการที่ (22) จะได้

$$\dot{\theta}(s) = \frac{K_m K_{m1}}{T_m(s + \frac{1}{T_m})s}$$

$$\dot{\theta}(s) = \frac{K}{s(s+\frac{1}{T_m})} \tag{23}$$

แปลงลาปลาซผกผัน (Inverse Laplace Transform) โดยการแยกเศษส่วนย่อย (Partial Fraction)

$$\dot{\theta}(s) = \frac{K}{s(s+\frac{1}{T_m})}$$

$$= \frac{A}{s} + \frac{B}{s+\frac{1}{T_m}} \tag{24}$$

หาค่า A และ B

$$\frac{K}{s(s+\frac{1}{T_m})} = \frac{A}{s} + \frac{B}{s+\frac{1}{T_m}}$$

$$A = \frac{K}{s+\frac{1}{T_m}}\bigg|_{s=0} = T_m K$$

$$B = \frac{K}{s}\bigg|_{s=-\frac{1}{T_m}} = -T_m K$$

แทนค่า A และ B ลงในสมการที่ (24) จะได้

$$\dot{\theta}(s) = \frac{T_m K}{s} - \frac{-T_m K}{s+\frac{1}{T_m}}$$

แปลงลาปลาซผกผันจะได้

$$y(t) = T_m K - T_m K e^{-\frac{t}{T_m}}$$

$$y(t) = T_m K(1 - e^{-\frac{t}{T_m}}) \tag{25}$$

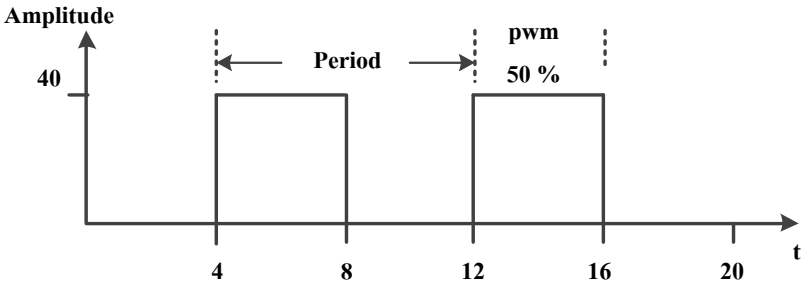
จัดรูปสมการ กำหนดให้ $\frac{1}{T_m} = a$ ; $T_m K = y_m$ แทนลงในสมการที่ (25) จะได้

$$\boxed{y(t) = y_m(1 - e^{-at})} \tag{26}$$

**ทดสอบมอเตอร์**

ทดสอบมอเตอร์แบบลูปเปิดโดยให้สัญญาณฟังก์ชันขั้นบันไดเป็นสัญญาณอินพุต เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของสมการระบบหรือสมการฟังก์ชันโอนย้ายของระบบ

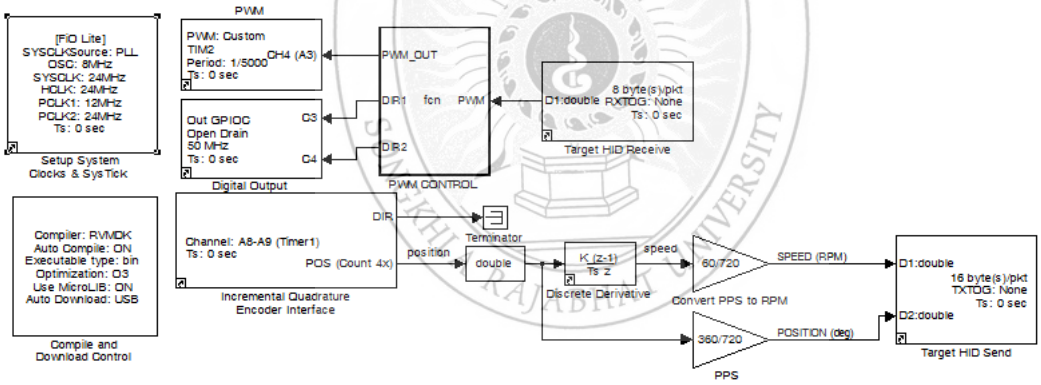
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY




**ภาพที่ ค-8** สัญญาณ PWM

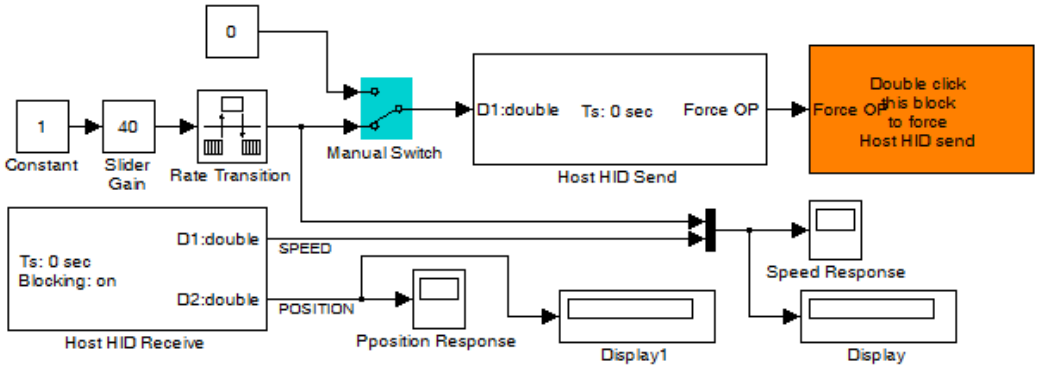
จากภาพที่ ค-8 แสดงสัญญาณอินพุต PWM (Pulse width Modulation) ที่ป้อนให้กับระบบ โดยมีขนาด (Amplitude) เท่ากับ 40 ระยะเวลา (Period) เท่ากับ 8 วินาที และความกว้างของพัลส์ (Duty Cycle)เท่ากับ 50 %

## โปรแกรม Target



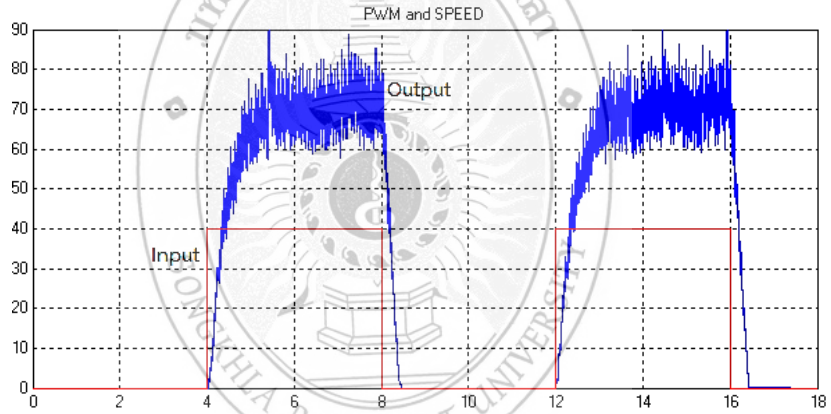

**ภาพที่ ค-9** โปรแกรม Target ทดสอบมอเตอร์

**โปรแกรม Host**




**ภาพที่ ค-10** โปรแกรม Host ทดสอบมอเตอร์

ผลการทดสอบมอเตอร์




**ภาพที่ ค-11** ผลการทดสอบมอเตอร์

**สรุปขั้น Construction Knowledge**

ผู้เรียนสามารถค้นพบในเชิงประจักษ์ว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ของ DC มอเตอร์เป็นสมการอันดับหนึ่ง เมื่อพิจารณาที่ความเร็วมอเตอร์ และแบบจำลองคณิตศาสตร์ของ DC มอเตอร์เป็นสมการอันดับสอง สอดคล้องกับการคำนวณหาแบบจำลองคณิตศาสตร์

ผู้เรียนสามารถค้นพบในเชิงประจักษ์ว่าผลตอบสนองของระบบอับดับหนึ่งเป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลเมื่อมีอินพุตเป็นฟังก์ชันขั้นบันได

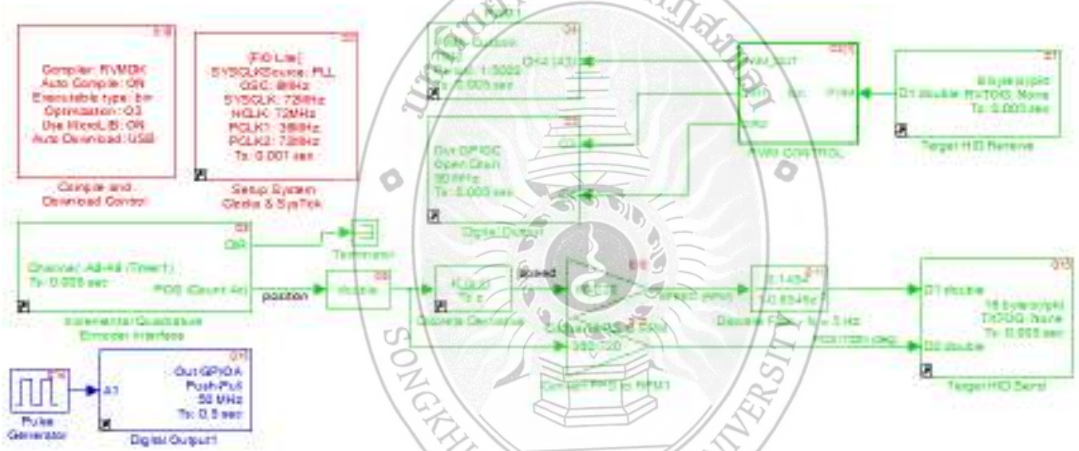
ผู้เรียนจะพบว่าค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เป็นค่าที่ไม่ทราบค่า ผู้สอนจะแนะนำวิธีหาค่าพารามิเตอร์ในขั้น Application

จากสมการที่ (11) (12) เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ของ DC มอเตอร์ ซึ่งมีค่า $K_m$ และ $T_m$ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า สามารถหาใช้ วิธี Curve Fitting Tool หรือวิธี System Identification Tool ช่วยคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าของระบบ ดังต่อไปนี้

**การเก็บข้อมูลระบบ (Data Logger)**

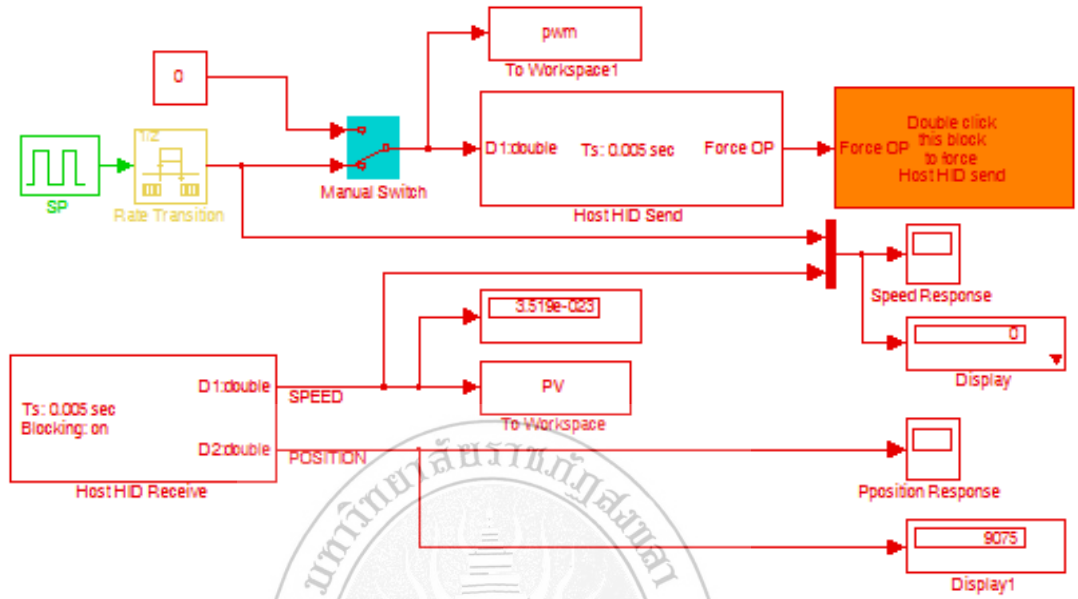
ข้อมูลระบบคือ ข้อมูลความเร็วของมอเตอร์หรือข้อมูลเอาต์พุตและข้อมูลของสัญญาณ PWM หรือข้อมูลอินพุต เก็บเป็นแบบ Array ข้อมูลอินพุตชื่อตัวแปร pwm และข้อมูลของเอาต์พุตชื่อตัวแปร PV ซึ่งข้อมูลทั้งสอนส่วนนี้จะถูกเก็บไว้ใน Workspace

**เขียนโปรแกรม Target**

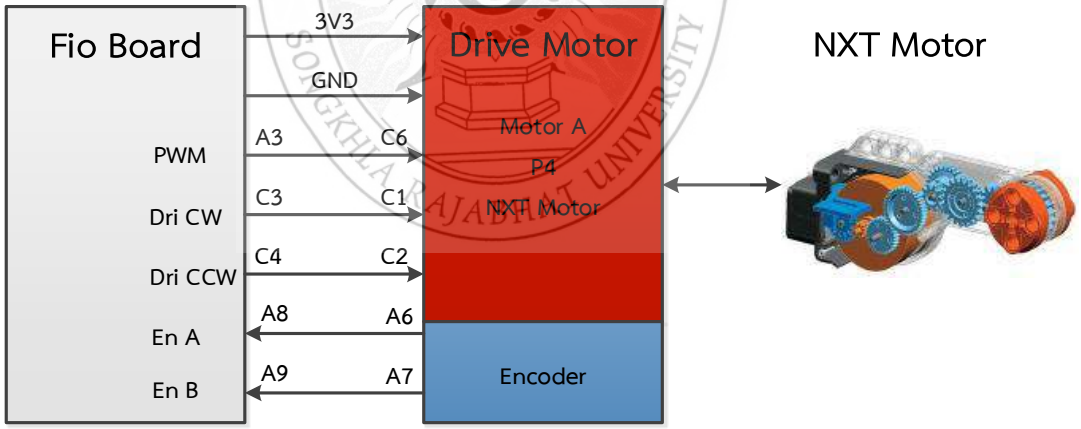


**ภาพที่ ค-12** โปรแกรม Target เก็บข้อมูลของระบบ

**โปรแกรม Host**

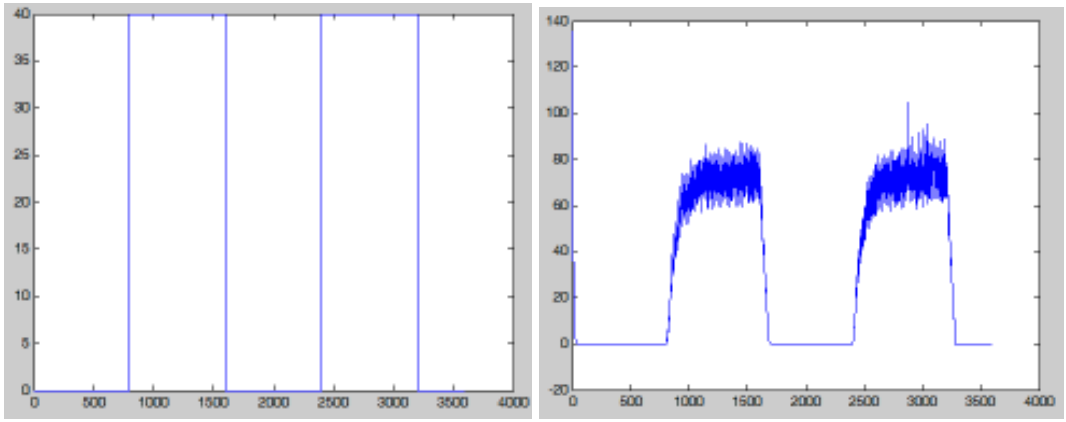



**ภาพที่ ค-13** โปรแกรม Host เก็บข้อมูลระบบ




**ภาพที่ ค-14** การต่อวงจรควบคุมมอเตอร์

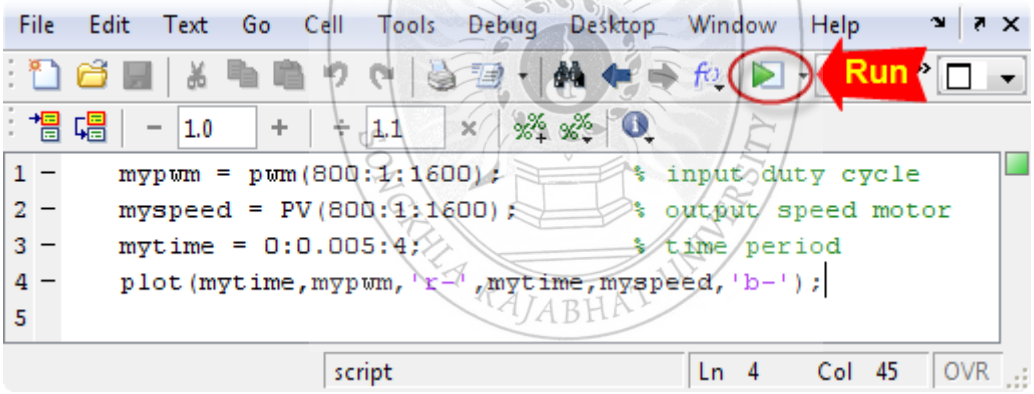
ภาพที่ 50 (a) และ (b) แสดงผลข้อมูลอินพุตของที่ป้อนให้กับระบบและข้อมูลความเร็วขอมอเตอร์ที่ถูกเก็บอยู่ที่ Workspace



(a) ข้อมูลอินพุตของระบบ (b) ข้อมูลเอาต์พุตของระบบ

**ภาพที่ ค-15** ข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตของระบบ

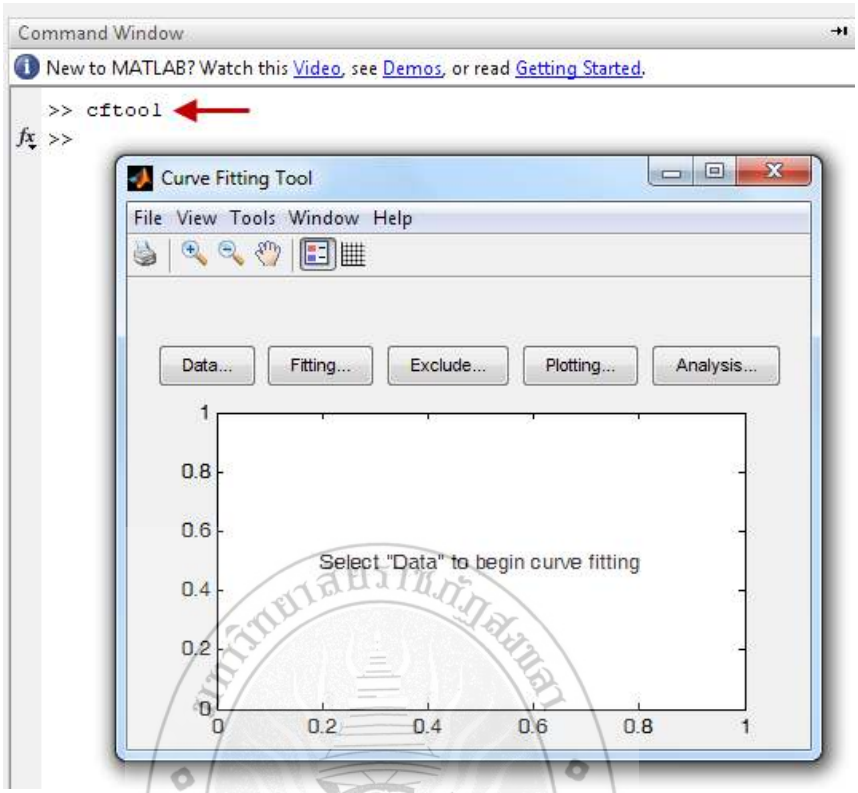
นำเอาข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตของระบบมาวิเคราะห์ โดยการเลือกเอาข้อมูลที่ช่วงเวลาเดียวกัน คือ จาก 800 ถึง 1600 ด้วยการเขียนโปรแกรม File Scripts ดังภาพที่ ค-16




**ภาพที่ ค-16** การเขียนโปรแกรม file scripts การเลือกเอาข้อมูลที่ช่วงเวลาเดียวกัน

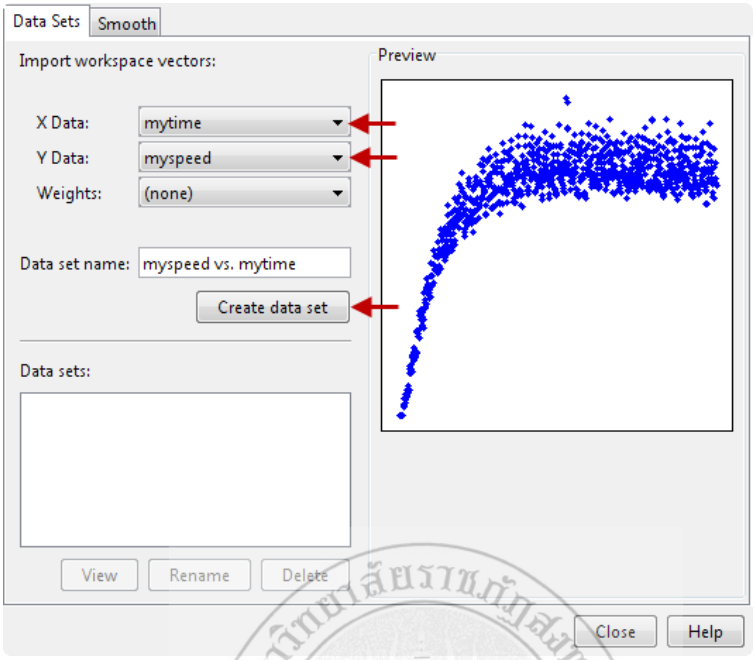
**วิธีหาสมการระบบด้วย Curve Fitting Tool**

การหาสมการระบบโดยใช้วิธี Curve Fitting Tool โดยพิมพ์ Cftool บน Command Window หน้าต่าง Curve Fitting Tool จะเปิดขึ้นมาดังภาพที่ ค-17



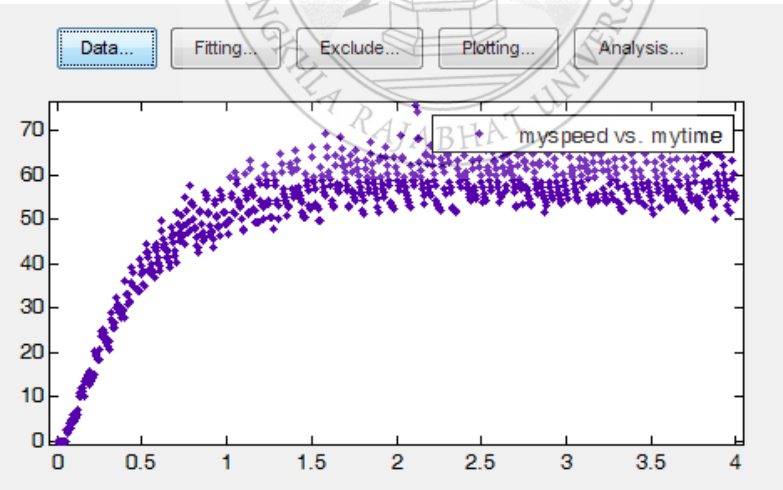

**ภาพที่ ค-17** Curve Fitting Tool

เมื่อ Run โปรแกรม File Scripts ข้อมูลจะถูกเก็บไว้บนหน้าต่าง Workspace สามารถเรียกข้อมูลมาวิเคราะห์บนหน้าต่าง Curve Fitting Tool โดยการกดปุ่ม Data เรียกข้อมูลของเวลาอยู่บนแกน X คือ Mytime และค่าเอาต์พุตที่แกน Y คือ Mespeed ดังภาพที่ ค-18




**ภาพที่ ค-18** Data Sets

เมื่อเลือกข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตของระบบได้แล้วกดปุ่ม Create Data Set ข้อมูลทั้งหมดจะแสดงอยู่บนหน้าต่าง Curve Fitting ดังภาพที่ ค-19

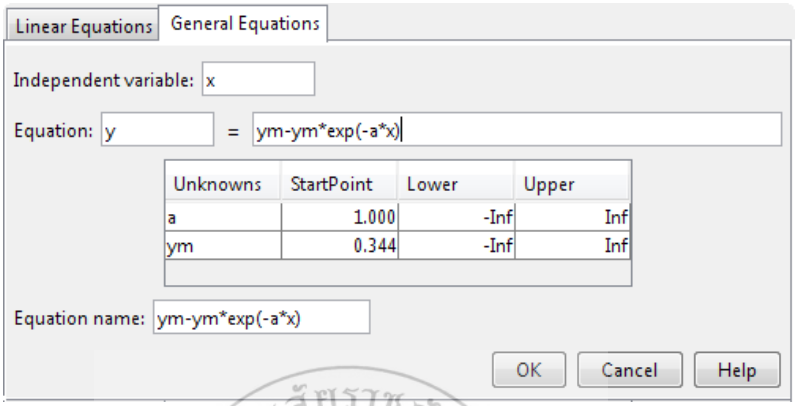



**ภาพที่ ค-19** ข้อมูลของระบบ

กดปุ่ม Fitting หน้าต่าง Fitting จะถูกเปิดเราสามารถ fit ข้อมูลโดยการกดปุ่ม New Fit และกำหนดสมการ Fitting ตามสมการที่ (26) โดยการเลือก Custom Equations ที่ช่อง Type of Fit

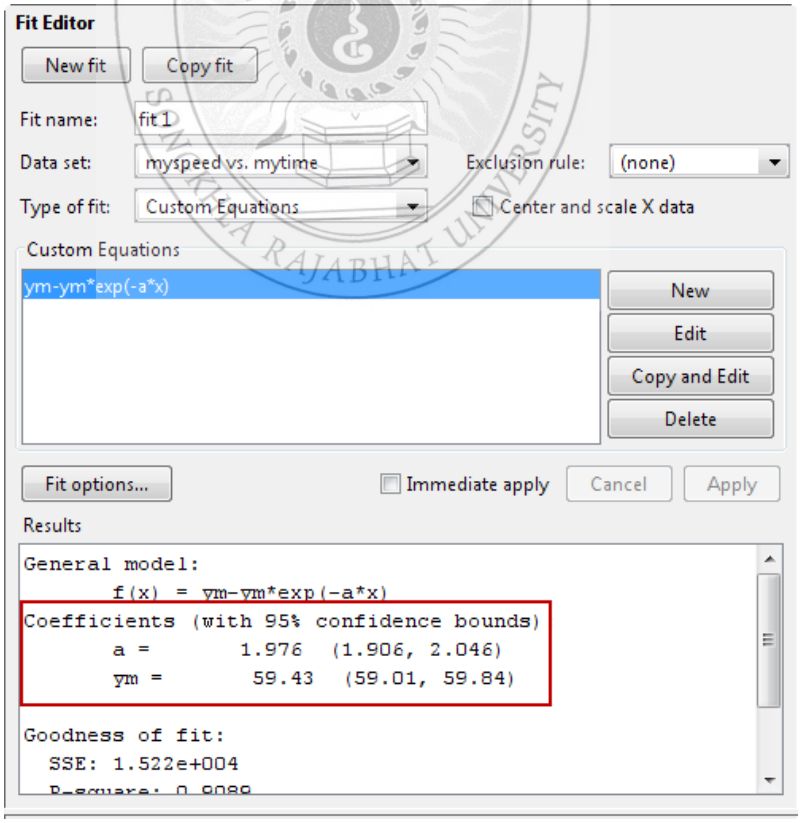
กดปุ่ม NEW และเลือก General Equations เพิ่มสมการที่ (26)

คือ $y = y_m - y_m * \exp(-a * x)$ และกดปุ่ม OK ดังภาพที่ ค-20




**ภาพที่ ค-20** Custom Equations

จากการทำ Curve Fitting เราสามารถให้โปรแกรมคำนวณหาค่า $y_m$ และค่า a ได้ ดังภาพที่ ค-21




**ภาพที่ ค-21** ค่า $y_m$ และค่า a

ค่า $y_m$ และค่า a เป็นพารามิเตอร์ของสมการที่ (26) นำไปคำนวณย้อนกลับไปหาค่าพารามิเตอร์ $K_m$ และค่า $T_m$ ของสมการที่ (22) ฟังก์ชันโอยย้ายของมอเตอร์ NXT Motor

จาก $\frac{1}{T_m} = a$ , $T_m K = y_m$ และ $K = \frac{K_m K_{m1}}{T_m}$

แทนค่า a = 1.976, $y_m = 59.43$ และ $K_{m1} = 40$

$$\frac{1}{T_m} = 1.976$$
$$T_m = 0.506$$

และ

$$0.506K = 59.43$$
$$K = 117.45$$

แทนค่า K, $T_m$ และ $K_{m1}$ เพื่อหาค่า $K_m$ จะได้

$$117.45 = \frac{K_m 40}{0.506}$$
$$K_m = 1.485$$

แทนค่า $K_m$ และ $T_m$ ลงในสมการที่ (11) จะได้สมการฟังก์ชันโอนย้ายของมอเตอร์คือ

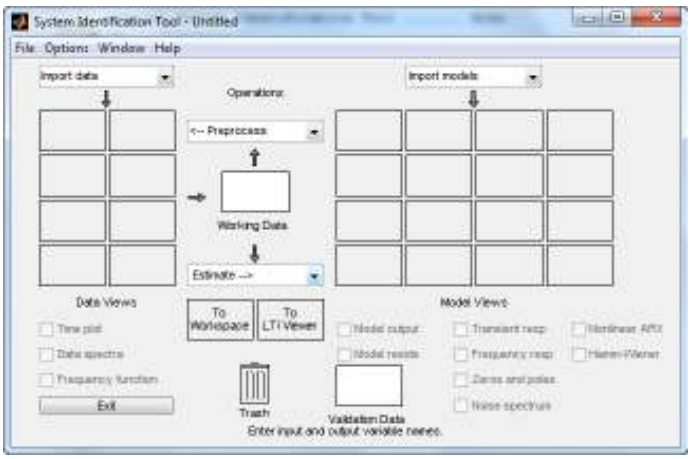
$$H(s) = \frac{1.485}{0.506s + 1} \text{ หรือ } H(s) = \frac{2.934}{s + 1.967}$$

แทนค่า $K_m$ และ $T_m$ ลงในสมการที่ (12) จะได้สมการฟังก์ชันโอนย้ายของมอเตอร์คือ

$$H(s) = \frac{1.485}{0.506s^2 + s} \text{ หรือ } H(s) = \frac{2.934}{s^2 + 1.967s}$$

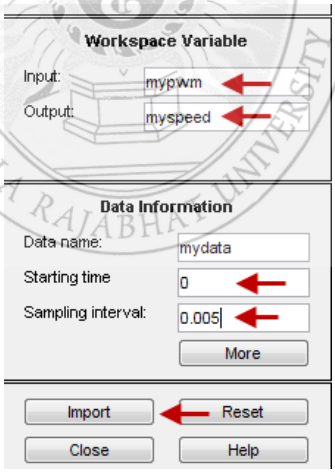
**วิธีหาสมการระบบด้วย System Identification Tool**

การหาสมการระบบโดยใช้วิธี System Identification Tool โดยพิมพ์ ident บน Command Window หน้าต่าง System Identification Tool จะเปิดขึ้นมาดังภาพที่ ค-22



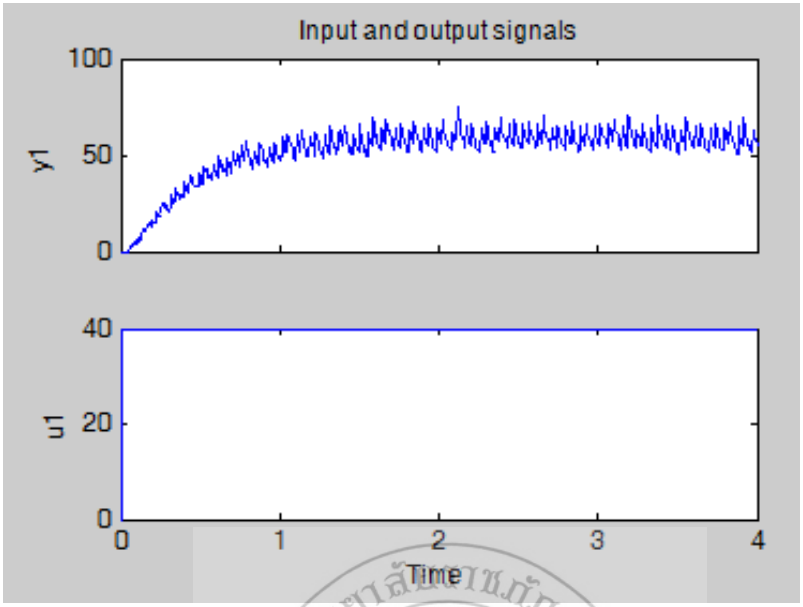

**ภาพที่ ค-22** System Identification Tool

ข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตของระบบที่นำมาใช้ในการหาสมการระบบด้วยวิธี System Identification Tool สามารถนำมาจาก File Scripts ที่เก็บอยู่ใน Workspace ดังนั้นในช่อง Import Data เลือกเป็นขอมูลแบบ Time Domain Data เลือกอินพุตเป็น Mypwm เอาต์พุตเป็น Myspeed ช่อง Starting Time เริ่มจาก 0 และที่ช่อง Sampling Interval เป็น 0.005 แล้วกดปุ่ม Import ดังภาพที่ ค-23



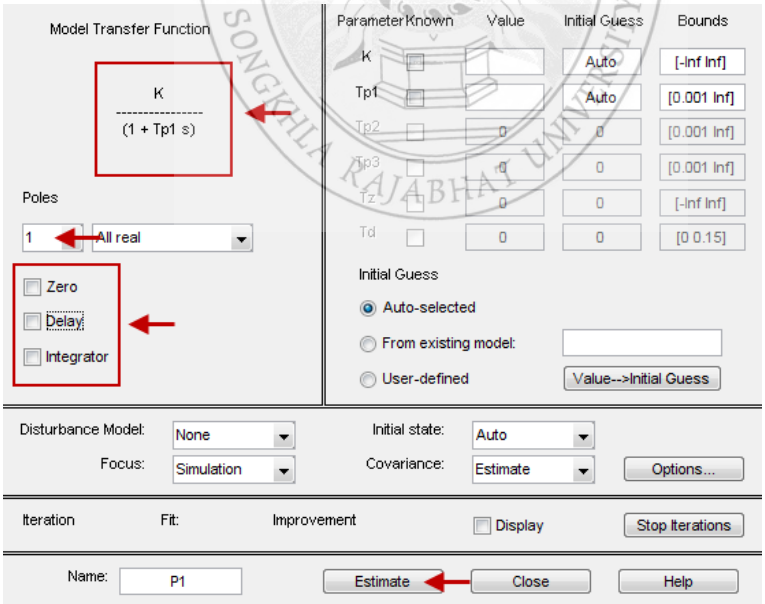

**ภาพที่ ค-23** Import Data

เมื่อกดปุ่ม Import ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์บนหน้าต่าง System Identification Tool สามารถตรวจสอบข้อมูลได้โดยคลิกที่ช่อง Time Plot ดังภาพที่ ค-24



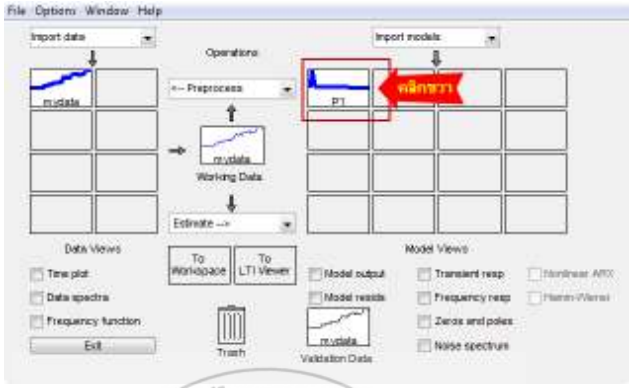

**ภาพที่ ค-24** ข้อมูลอินพุตและเอาต์พุต

บนหน้าต่าง System Identification Tool ในช่อง Estimate เลือกเป็น Process Models จะเปิดหน้าต่างให้เลือกสมการฟังก์ชั่นโอนย้าย ดังภาพที่ ค-25



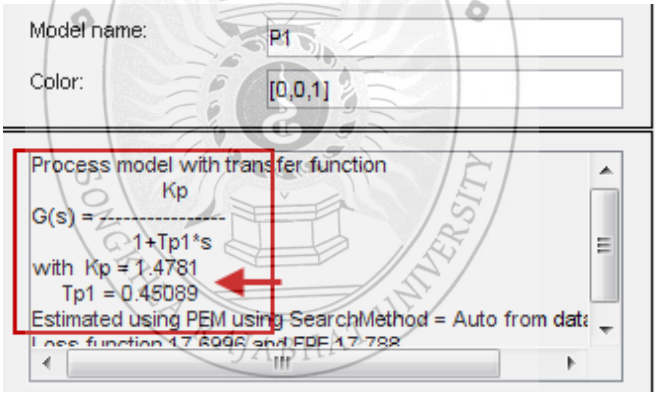

**ภาพที่ ค-25** Process Models

เมื่อเลือกรูปแบบสมการแบบลำดับหนึ่ง จากภาพที่ ค-25 และกดปุ่ม Estimate Import ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์บนหน้าต่าง System Identification Tool อีกครั้ง ดังภาพที่ ค-26




**ภาพที่ ค-26** Import Models

เมื่อคลิกขวาที่ช่องสัญญาณ P1 โปรแกรมจะคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสมการระบบ ดังภาพที่ ค-27




**ภาพที่ ค-27** พารามิเตอร์ของสมการระบบ

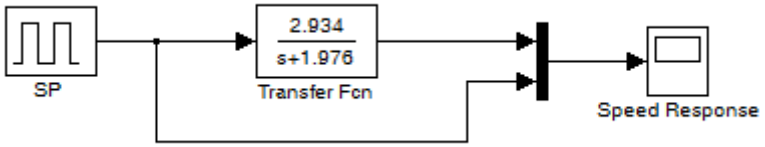
ค่า $K_p$= $K_m$ และค่า $T_{p1}$ = $T_m$ แทนค่าลงในสมการที่ (11) จะได้สมการฟังก์ชันโอนย้ายของมอเตอร์คือ $H(s) = \frac{1.478}{0.45s+1}$ หรือ $H(s) = \frac{3.284}{s+2.222}$

ค่า $K_p$= $K_m$ และค่า $T_{p1}$ = $T_m$ แทนค่าลงในสมการที่ (12) จะได้สมการฟังก์ชันโอนย้ายของมอเตอร์คือ

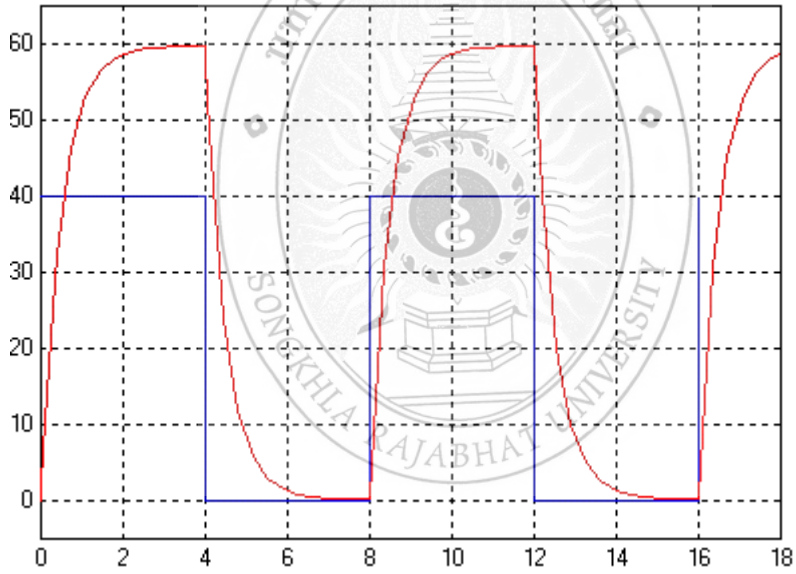
$$H(s) = \frac{1.478}{0.45s^2+s} \text{ หรือ } H(s) = \frac{3.284}{s^2+2.222s}$$

**จำลองการทดสอบสมการระบบ**

เพื่อให้แน่ใจว่าสมการฟังก์ชันโอนย้ายของมอเตอร์ NXT Motor ถูกต้อง ทดสอบโดยการจำลองและนำผลการจำลองแบบ Open Loop เปรียบเทียบกับผลตอบสนองของมอเตอร์ ดังภาพที่ ค-28 และภาพที่ ค-29



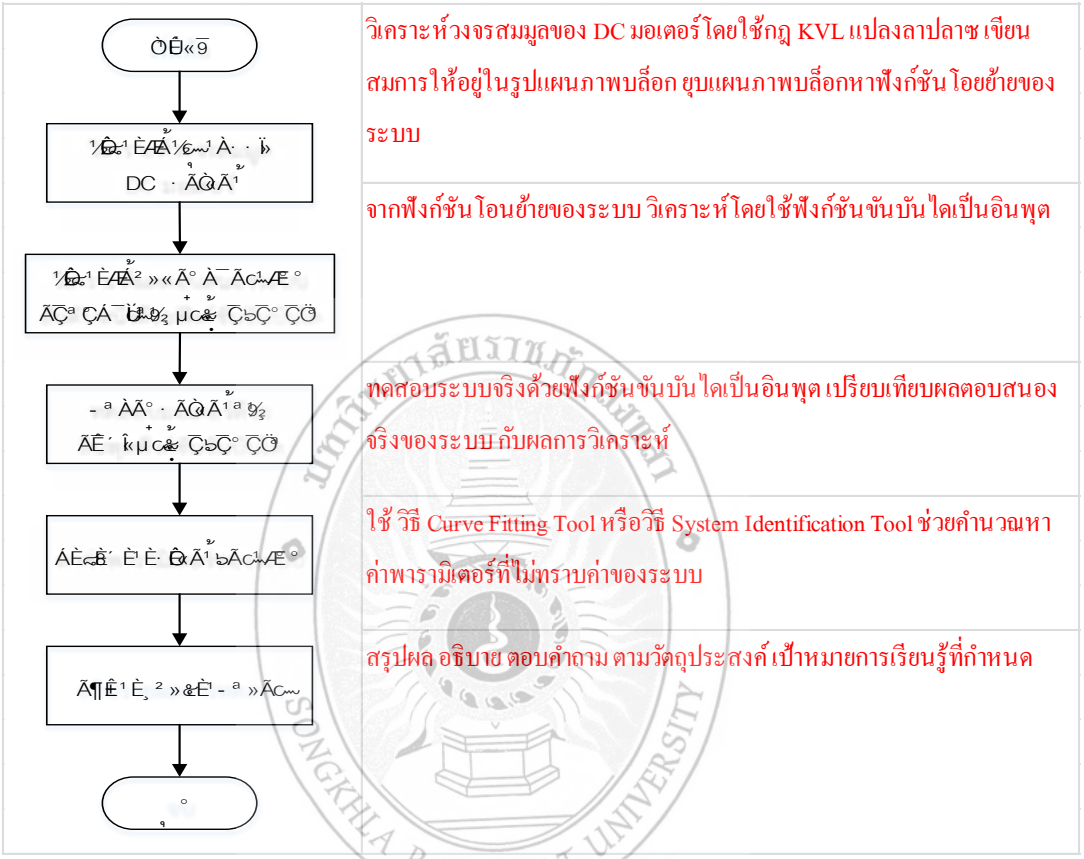

**ภาพที่ ค-28** จำลองสมการฟังก์ชั่นโอนย้ายของมอเตอร์




**ภาพที่ ค-29** ผลการจำลองสมการฟังก์ชั่นโอนย้ายของมอเตอร์

| Step of Model Instruction | Information | Constructing Knowledge | Application | **Evaluation** |
|---|---|---|---|---|

## ขั้นตอนการลงมือปฏิบัติ




**ภาพที่ ค-30** ขั้นตอนการลงมือปฏิบัติเรื่องแบบจำลองคณิตศาสตร์

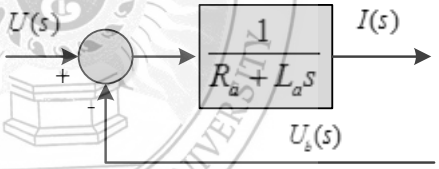
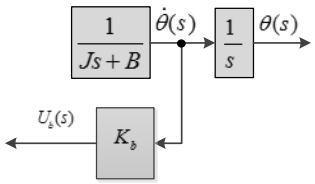
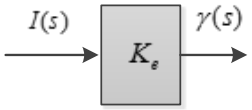
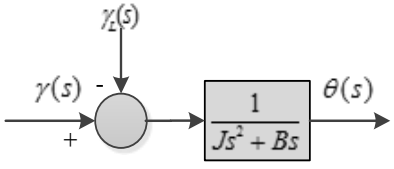
**สรุปผลการลงมือปฏิบัติ**

จากการวิเคราะห์วงจรสมมูลของ DC มอเตอร์โดยใช้ KVL สามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ทางไฟฟ้าและทางกลของมอเตอร์ แปลงลาปลาซให้อยู่ในโดเมน S นำสมการความสัมพันธ์ทางไฟฟ้าและทางกลของมอเตอร์มาเขียนเป็นแผนภาพบล็อกและทำการยุบแผนภาพบล็อกจะได้ฟังก์ชันโดยย้ายของมอเตอร์ได้ดังนี้

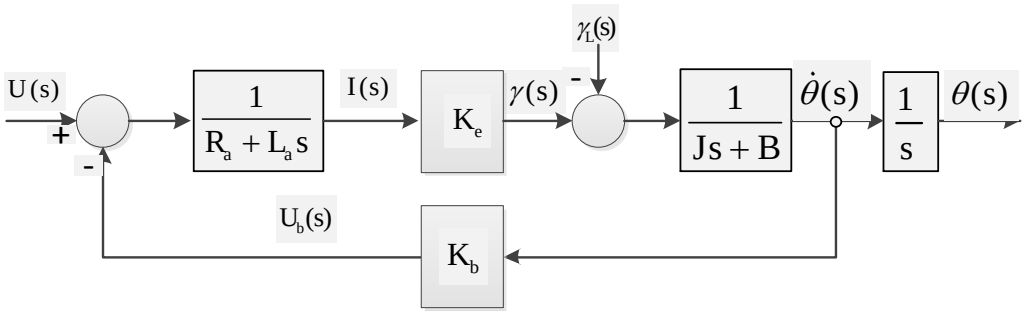
**ตารางที่ ค-1** สมการความสัมพันธ์ทางไฟฟ้าและทางกลของมอเตอร์

| โดเมนเวลา | โดเมน 'S' |
|---|---|
| $U(t) = R_a i(t) + L_a \frac{di(t)}{dt} + U_b(t)$ | $I(s) = \frac{1}{R_a + L_a s}(U(s) - U_b(s))$ |
| $U_b(t) = K_b \omega(t)$ | $U_b(s) = K_b \dot{\theta}(s)$ |
| $\gamma(t) = K_e i(t)$ | $\gamma(s) = K_e I(s)$ |
| $J\ddot{\theta}(t) + B\dot{\theta}(t) = \gamma(t) - \gamma_L(t)$ | $\theta(s) = \frac{1}{Js^2 + Bs}(\gamma(s) - \gamma_L(s))$ |

**ตารางที่ ค-2** การแปลงสมการความสัมพันธ์ทางไฟฟ้าและทางกลของมอเตอร์เป็นแผนภาพบล็อก

| โดเมนเวลา | โดเมน 'S' |
|---|---|
| $I(s) = \frac{1}{R_a + L_a s}(U(s) - U_b(s))$ |   |
| $U_b(s) = K_b \dot{\theta}(s)$ |   |
| $\gamma(s) = K_e I(s)$ |   |
| $\theta(s) = \frac{1}{Js^2 + Bs}(\gamma(s) - \gamma_L(s))$ |   |

สามารถเขียนแผนภาพบล็อกรวมกันได้ดังนี้




**ภาพที่ ค-31** แผนภาพบล็อก DC มอเตอร์

จากแผนภาพบล็อกสามารถใช้วิธีการยุบบล็อกเพื่อหาสมการฟังก์ชันโอยย้าย เมื่อพิจารณาที่ความเร็วของมอเตอร์ $(\dot{\theta}(s))$ ขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลด $(\gamma_L(s) = 0)$ สามารถเขียนสมการฟังก์ชันโอนย้ายได้ดังนี้

$$\frac{\dot{\theta}(s)}{U(s)} = \frac{K_m}{T_m s + 1} \quad \text{หรือ} \quad H(s) = \frac{K_m}{T_m s + 1}$$

ในกรณีเดียวสามารถใช้วิธีการยุบบล็อกเพื่อหาสมการฟังก์ชันโอยย้าย เมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ $(\theta(s))$ สามารถเขียนสมการฟังก์ชันโอนย้ายได้ดังนี้

$$\frac{\theta(s)}{U(s)} = \frac{K_m}{s(T_m s + 1)} \quad \text{หรือ} \quad H(s) = \frac{K_m}{s(T_m s + 1)}$$

เมื่อนำสมการฟังก์ชันโอนย้ายความเร็วของมอเตอร์มาทดสอบด้วยอินพุตฟังก์ชันขั้นบันได เพื่อหาผลตอบสนองพบว่าผลตอบสนองของระบบจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลคือ

$$y(t) = y_m(1 - e^{-at})$$

จากการวิเคราะห์วงจรสมมูล DC มอเตอร์ จนสามารถเขียนฟังก์ชันโอยย้ายของ DC มอเตอร์ได้ และทดสอบฟังก์ชันโอยย้ายของ DC มอเตอร์ด้วยอินพุตฟังก์ชันขั้นบันได้พบว่าผลตอบสนองของระบบจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลนั้น จึงหาค่า $K_m$ และ $T_m$ ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า สามารถหาใช้วิธี Curve Fitting Tool หรือวิธี System Identification Tool ช่วยคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าของระบบได้ดังนี้

ค่า $K_m$ และ $T_m$ ของสมการฟังก์ชันโอนย้ายของความเร็วมอเตอร์ วิธี Curve Fitting Tool

$$H(s) = \frac{1.485}{0.506s + 1} \quad \text{หรือ} \quad H(s) = \frac{2.934}{s + 1.967}$$

ค่า $K_m$ และ $T_m$ ของสมการฟังก์ชันโอนย้ายของตำแหน่งมอเตอร์ วิธี Curve Fitting Tool

$$H(s)=\frac{1.485}{0.506s^2+s} \text{ หรือ } H(s)=\frac{2.934}{s^2+1.967s}$$

ค่า $K_m$ และ $T_m$ ของสมการฟังก์ชันโอนย้ายของความเร็วมอเตอร์ วิธี System Identification Tool

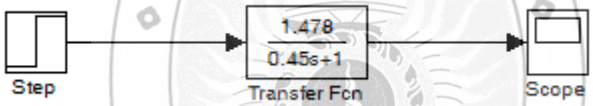
$$H(s)=\frac{1.478}{0.45s+1} \text{ หรือ } H(s)=\frac{3.284}{s+2.222}$$

ค่า $K_m$ และ $T_m$ ของสมการฟังก์ชันโอนย้ายของตำแหน่งมอเตอร์ วิธี System Identification Tool

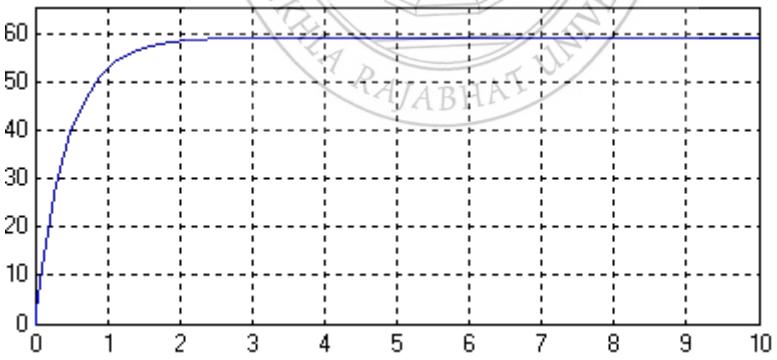
$$H(s)=\frac{1.478}{0.45s^2+s} \text{ หรือ } H(s)=\frac{3.284}{s^2+2.222s}$$

**อภิปรายผล**

ผลการทดสอบมอเตอร์ด้วยด้วยอินพุตฟังก์ชันขั้นบันไดที่ 40 รอบต่อนาที มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็ว 59.12 หรือประมาณ 60 รอบต่อนาทีเนื่องจากค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ $K_m$ เท่ากับ 1.478 ค่าเวลาคงตัวเท่ากับ 0.45 วินาที เมื่อนำฟังก์ชันโอนย้ายของมอเตอร์มาจำลองแบบลูปเปิดด้วยโปรแกรมMatlab/Simulink ผลตอบสนองเช่นเดียวกับการทดสอบจริง




**ภาพที่ ค-32** การจำลองระบบด้วยโปรแกรม Simulink




**ภาพที่ ค-33** ผลการจำลองฟังก์ชันโอนย้ายของมอเตอร์

# ภาคผนวก ค

## แบบสอบถามและแบบประเมิน

**แบบสอบถามสำหรับนักศึกษา**

**แบบสอบถามสำหรับการวิจัย เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาของการจัดการเรียนการสอน**

**คำชี้แจง**

1. แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการจัดการเรียนการสอนปัจจุบัน ขอความร่วมมือนักศึกษาทุกท่านตอบคำถามตรงกับความเป็นจริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน
2. แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 5 ตอนคือ

    ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

    ตอนที่ 2 ทัศนคติของนักศึกษาต่อการจัดการศึกษาและการเรียนการสอนปัจจุบัน

    ตอนที่ 3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

    ตอนที่ 4 ความสามารถของผู้เรียนในการบูรณาการความรู้ของวิชาที่มีในหลักสูตร

    ตอนที่ 5 ข้อเสนอแนะ

**ผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อความกรุณาของท่านที่สละเวลาในการให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์**

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม**

**โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ตรงกับข้อความที่เป็นจริง**

1. ชั้นปีที่ศึกษาอยู่

☐ ปีที่ 1 ☐ ปีที่ 2 ☐ ปีที่ 3 ☐ ปีที่ 4

2. ระดับเกรดเฉลี่ยสะสม

☐ 0.00 - 2.00 ☐ 2.01 – 2.50 ☐ 2.51 – 3.00

☐ 3.01 – 3.50 ☐ 3.51 – 4.00

**ตอนที่ 2 ทัศนคติของนักศึกษาต่อการจัดการศึกษา การจัดการเรียนการสอนปัจจุบัน**

โปรดพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ต่อไปนี้และทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตรงกับความคิดเห็นของท่าน

| ข้อที่ | ปัจจัย | ระดับความคิดเห็น | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | มากที่สุด | มาก | น้อย | น้อยที่สุด |
| | **การจัดการศึกษา : หลักสูตรรายวิชา** | | | | |
| 3 | ระดับความยากของเนื้อหา | | | | |
| 4 | ความน่าสนใจของเนื้อหา | | | | |
| 5 | ปริมาณเนื้อหา | | | | |
| | **การจัดการศึกษา : ทรัพยากรสนับสนุนการศึกษา** | | | | |
| 6 | ความเพียงพอของหนังสือตำราที่เกี่ยวข้อง | | | | |
| 7 | โปรแกรมช่วยสอนที่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง | | | | |
| | **การจัดการศึกษา : ห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ** | | | | |
| 8 | สื่อการสอน ชุดทดลองมีจำนวนเพียงพอ | | | | |
| 9 | ชุดทดลองง่ายต่อการใช้งาน | | | | |
| 10 | ชุดทดลองส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง | | | | |
| 11 | การใช้ชุดทดลองทำให้เข้าใจทฤษฎีได้มากขึ้น | | | | |

**ตอนที่ 3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์**

**โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ตรงกับข้อความที่เป็นจริง**

12. ท่านใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภทใด

☐ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ☐ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

☐ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM ☐ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino

☐ อื่น ๆ …….

13. ท่านใช้ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์แบบใด

☐ ภาษา Assembly ☐ ภาษา Basic ☐ MATLAB Simulink

☐ ภาษา C, C++ ☐ ภาษา Pascal ☐ อื่น ๆ ……

**โปรดทำเครื่องหมาย ✓ในช่องคะแนนที่ตรงกับปัญหาที่เป็นอุปสรรคและส่งผลต่อการเรียนรู้ ความเข้าใจในการเรียนการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จากประสบการณ์ของท่าน โดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ 5 คือ มากที่สุด, 4 คือ มาก, 3 คือ ปานกลาง, 2 คือ น้อย, 1 คือ น้อยที่สุด**

| ข้อที่ | หัวข้อปัญหา | คะแนน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 14 | โครงสร้างการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ | | | | | |
| 15 | ความซับซ้อนในการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ | | | | | |
| 16 | การเขียนโปรแกรมคำสั่งใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ | | | | | |
| 17 | การนำบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ไปประยุกต์ใช้งานจริง | | | | | |
| 18 | อื่น ๆ …….. | | | | | |

**ตอนที่ 4 ความสามารถของผู้เรียนในการบูรณาการความรู้ของวิชาที่มีในหลักสูตรมาใช้งาน**

**โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องระดับความคิดเห็น ในหัวข้อต่อไปนี้ ที่<u>ท่านมีความสามารถนำความรู้ไปใช้กับวิชาอื่น ๆ ที่มีในหลักสูตร</u>จากประสบการณ์การสอนของท่าน โดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้**

**5 คือ มากที่สุด, 4 คือ มาก, 3 คือ ปานกลาง, 2 คือ น้อย, 1 คือ น้อยที่สุด**

| ข้อที่ | ความสามารถในการบูรณาการของผู้เรียน | คะแนน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | **วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์** | | | | | |
| 19 | รู้โครงสร้างและหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การใช้ชุดคำสั่ง การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์กับงานอื่น ๆ | | | | | |
| 20 | เขียนโปรแกรมควบคุม วิเคราะห์และทดสอบระบบการทำงานประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์กับงานอื่น ๆ | | | | | |
| | **วิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์** | | | | | |
| 21 | สามารถต่ออุปกรณ์ โมดูล หาคุณลักษณะของเซ็นเซอร์ ใช้งานได้ | | | | | |
| 22 | เลือกใช้เซ็นเซอร์ได้เหมาะสมกับงาน | | | | | |
| 23 | ประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมแบบต่าง ๆ ได้ | | | | | |
| | **วิชาดิจิตอล** | | | | | |
| 24 | รู้ระบบฐานเลขและรหัส | | | | | |
| 25 | ออกแบบวงจร combination logic และวงจร sequential basic ได้ | | | | | |
| 26 | เขียนและออกแบบวงจรลอจิกได้ | | | | | |
| | **วิชาระบบควบคุม** | | | | | |
| 27 | รู้ทฤษฎีควบคุมพื้นฐาน | | | | | |
| 28 | จำลองโมเดลทางคณิตศาสตร์ของระบบได้ | | | | | |
| 29 | เลือกใช้อุปกรณ์ โปรแกรม ใช้งานในการออกแบบการควบคุมได้ | | | | | |
| | **วิชาคณิตศาสตร์** | | | | | |
| 30 | รู้ทฤษฎีและการใช้งานของตัวแปรเชิงซ้อน เวกเตอร์ อนุกรมฟูเรี่ยร์ และลาปลาสทรานฟอร์ม | | | | | |
| 31 | สามารถประยุกต์ทฤษฎีต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ใช้งานกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับได้ | | | | | |

**ตอนที่ 5 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ**

1. ด้านการจัดการศึกษา

.....

.....

.....

.....

.....

2. ด้านสื่อการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

3. ด้านหลักสูตรรายวิชา

.....

.....

.....

.....

.....

4. ด้านอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**แบบสอบถามสำหรับอาจารย์**

**แบบสอบถามสำหรับการวิจัย เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาของการจัดการเรียนการสอน**

**คำชี้แจง**

1. แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการจัดการเรียนการสอนปัจจุบันและทัศนคติของอาจารย์ เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาและเทคโนโลยีการสอน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิจัยพัฒนาการเรียนการสอน
2. แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 5 ตอนคือ

   ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

   ตอนที่ 2 ทัศนคติของอาจารย์ต่อการจัดการศึกษาและการเรียนการสอนปัจจุบัน

   ตอนที่ 3 สภาพการจัดการเรียนการสอนปัจจุบัน

   ตอนที่ 4 ความสามารถของผู้เรียนในการบูรณาการความรู้ของวิชาที่มีในหลักสูตร

   ตอนที่ 5 ข้อเสนอแนะ

**ผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อความกรุณาของท่านที่สละเวลาในการให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์**

**ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม**

**โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ตรงกับข้อความที่เป็นจริง**

3. ระดับการศึกษาที่จบสูงสุด

   ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

4. รายวิชาที่สอน

   ☐ เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ☐ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ☐ ระบบควบคุม

   ☐ Embedded system ☐ ไมโครโปรเซนเซอร์

5. ประสบการณ์สอน

   ☐ น้อยกว่า 5 ปี ☐ มากกว่า 5 ปี

**ตอนที่ 2 ทัศนคติของอาจารย์ต่อการจัดการศึกษา การจัดการเรียนการสอนปัจจุบัน**

**โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ตรงกับข้อความที่เป็นจริง**

6. รายวิชาที่ท่านสอนปัจจุบัน มีเนื้อหาทันสมัยหรือไม่

   ☐ ทันสมัย ☐ ไม่ทันสมัย ☐ ไม่แน่ใจ

7. ท่านคิดว่ามีความจำเป็นมากน้อยเพียงใดในการนำองค์ความรู้ที่ทันสมัยมาจัดการเรียนการสอน

   ☐ จำเป็นมากที่สุด ☐ จำเป็นมาก ☐ จำเป็น

   ☐ จำเป็นน้อย ☐ จำเป็นน้อยที่สุด ☐ ไม่จำเป็น

8. ท่านได้นำองค์ความรู้จากการวิจัยหรือค้นพบใหม่ (ไม่จำเป็นต้องเป็นผลงานของท่าน) หรือเทคโนโลยีปัจจุบัน มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

   ☐ ได้นำมาใช้ ☐ ไม่ได้นำมาใช้

9. ท่านคิดว่าหลักสูตรปัจจุบันซึ่งจัดการเรียนการสอนแบบแยกรายวิชา เป็นปัญหากับผู้เรียนในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ระหว่างรายวิชามากน้อยเพียงใด

   ☐ มากที่สุด ☐ มาก ☐ น้อย ☐ น้อยที่สุด

10. ท่านคิดว่าการบูรณาการเนื้อหารายวิชาที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกันเพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ระหว่างรายวิชาได้นั้น มีความจำเป็นมากน้อยเพียงใด

    ☐ จำเป็นมากที่สุด ☐ จำเป็นมาก ☐ จำเป็น

    ☐ จำเป็นน้อย ☐ จำเป็นน้อยที่สุด

**ตอนที่ 3 สภาพการจัดการเรียนการสอนปัจจุบัน**

**โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ตรงกับข้อความที่เป็นจริง**

11. ปัจจุบันท่านใช้วิธีสอนแบบใด ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

    ☐ บรรยาย ☐ บรรยาย-ถามตอบ ☐ บรรยาย-สาธิต

    ☐ Problem-Based Learning ☐ Project-Based Learning ☐ การสอนแบบปฏิบัติ

    ☐ อื่น ๆ ……..

12. สื่อการสอนที่ท่านใช้เป็นสื่อแบบใด ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

☐ Power Point ☐ กระดานดำ ☐ แผ่นใส

☐ โปรแกรมจำลอง ☐ ของจริง ☐ ชุดสาธิต

☐ ชุดทดลอง ☐ อื่น ๆ .....

13. ท่านใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภทใด

☐ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ☐ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

☐ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM ☐ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino

☐ อื่น ๆ .....

14. ท่านใช้ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์แบบใด

☐ ภาษา Assembly ☐ ภาษา Basic ☐ MATLAB Simulink

☐ ภาษา C, C++ ☐ ภาษา Pascal ☐ อื่น ๆ .....

**โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องคะแนนที่ตรงกับปัญหาที่เป็นอุปสรรคและส่งผลต่อการเรียนรู้ ความเข้าใจในการเรียนการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จากประสบการณ์การสอนของท่าน โดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ 5 คือ มากที่สุด, 4 คือ มาก, 3 คือ ปานกลาง, 2 คือ น้อย, 1 คือ น้อยที่สุด**

| ข้อที่ | หัวข้อปัญหา | คะแนน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 15 | โครงสร้างการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ | | | | | |
| 16 | ความซับซ้อนในการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ | | | | | |
| 17 | การเขียนโปรแกรมคำสั่งใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ | | | | | |
| 18 | การนำบอร์ดไมโครคอนโทรนเลอร์ไปประยุกต์ใช้งานจริง | | | | | |
| 19 | อื่น ๆ ..... | | | | | |

**ตอนที่ 4 ความสามารถของผู้เรียนในการบูรณาการความรู้ของวิชาที่มีในหลักสูตรมาใช้งาน**

**โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องระดับความคิดเห็น ในหัวข้อต่อไปนี้ ที่ท่านคิดว่าผู้เรียนมีความสามารถนำความรู้ไปใช้กับวิชาอื่น ๆ ที่มีในหลักสูตรจากประสบการณ์การสอนของท่าน โดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ 5 คือ มากที่สุด, 4 คือ มาก, 3 คือ ปานกลาง, 2 คือ น้อย, 1 คือ น้อยที่สุด**

| ข้อที่ | ความสามารถในการบูรณาการของผู้เรียน | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | **วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์** | | | | | |
| 20 | รู้โครงสร้างและหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การใช้ชุดคำสั่ง การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์กับงานอื่น ๆ | | | | | |
| 21 | เขียนโปรแกรมควบคุม วิเคราะห์และทดสอบระบบการทำงานประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์กับงานอื่น ๆ | | | | | |
| | **วิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์** | | | | | |
| 22 | สามารถต่ออุปกรณ์ โมดูล หาคุณลักษณะของเซ็นเซอร์ ใช้งานได้ | | | | | |
| 23 | เลือกใช้เซ็นเซอร์ได้เหมาะสมกับงาน | | | | | |
| 24 | ประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมแบบต่าง ๆ ได้ | | | | | |
| | **วิชาดิจิตอล** | | | | | |
| 25 | รู้ระบบฐานเลขและรหัส | | | | | |
| 26 | ออกแบบวงจร combination logic และวงจร sequential basic ได้ | | | | | |
| 27 | เขียนและออกแบบวงจรลอจิกได้ | | | | | |
| | **วิชาระบบควบคุม** | | | | | |
| 28 | รู้ทฤษฎีควบคุมพื้นฐาน | | | | | |
| 29 | จำลองโมเดลทางคณิตศาสตร์ของระบบได้ | | | | | |
| 30 | เลือกใช้อุปกรณ์ โปรแกรม ใช้งานในการออกแบบการควบคุมได้ | | | | | |
| | **วิชาคณิตศาสตร์** | | | | | |
| 31 | รู้ทฤษฎีและการใช้งานของตัวแปรเชิงซ้อน เวกเตอร์ อนุกรมฟูเรี่ยร์ และลาปลาสทรานฟอร์ม | | | | | |
| 32 | สามารถประยุกต์ทฤษฎีต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ใช้งานกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับได้ | | | | | |

**ตอนที่ 5 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ**

1. ด้านการจัดการศึกษา

.....

.....

.....

.....

.....

2. ด้านสื่อการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

3. ด้านหลักสูตรรายวิชา

.....

.....

.....

.....

.....

4. ด้านอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# แบบประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ

รูปแบบการสอน ICAE-Model ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัว

---

**วัตถุประสงค์**

แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนนี้เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อรูปแบบการสอน ICAE-Model ที่พัฒนาขึ้นตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน

**คำชี้แจง**

โปรดพิจารณารูปแบบการเรียนการสอนที่นำเสนอในชุดการสอน ประกอบด้วยคู่มือครู คู่มือผู้เรียน และคู่มือการใช้สื่อ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างตามระดับความคิดเห็นของท่าน โดยมีเกณฑ์ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมมาก

3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ขอขอบพระคุณท่านผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเป็นอย่างสูง

ที่กรุณาให้ข้อมูลและคำแนะนำ

วิชาญ เพ็ชรทอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**ตอนที่ 1 ความคิดเห็นต่อรูปแบบการเรียนการสอน**

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **ความเหมาะสมของรูปแบบและกิจกรรมการเรียนการสอน** | | | | | | |
| 1 | ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน | | | | | |
| 2 | บทบาทของผู้เรียน | | | | | |
| 3 | บทบาทของผู้สอน | | | | | |
| 4 | กิจกรรมสำหรับผู้เรียนขั้น Information | | | | | |
| 5 | กิจกรรมสำหรับผู้เรียนขั้น Construction knowledge | | | | | |
| 6 | กิจกรรมสำหรับผู้เรียนขั้น Application | | | | | |
| 7 | กิจกรรมสำหรับผู้เรียนขั้น Evaluation | | | | | |
| 8 | ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดและการแก้ปัญหา | | | | | |
| 9 | ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการกระตือรือร้นในการเรียนรู้ | | | | | |
| 10 | ส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ระหว่างรายวิชาได้ | | | | | |
| 11 | ทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ | | | | | |
| 12 | รูปแบบการเรียนการสอนมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานได้ผล | | | | | |
| **ความเหมาะสมด้านสื่อสนับสนุนการเรียนการสอน** | | | | | | |
| 13 | สื่อมีความเหมาะสมกับเนื้อหาและรูปแบบการเรียนการสอน | | | | | |
| 14 | สื่อช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ | | | | | |
| 15 | สื่อสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน | | | | | |
| 16 | สื่อมีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน | | | | | |
| 17 | สื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง | | | | | |
| 18 | สื่อครอบคลุมเนื้อหา | | | | | |
| 19 | สื่อมีความชัดเจน | | | | | |
| **ความเหสมาะสมของคู่มือเอกสารประกอบการสอน** | | | | | | |
| 20 | คู่มือการออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมความเร็ว DC มอเตอร์ | | | | | |
| 21 | คู่มือการออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมตำแหน่ง DC มอเตอร์ | | | | | |
| 22 | คู่มือการออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมอุณหภูมิ | | | | | |
| 23 | คู่มือครู | | | | | |
| 24 | คู่มือนักเรียน | | | | | |

**ตอนที่ 1 ความคิดเห็นต่อรูปแบบการเรียนการสอน (ต่อ)**

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **ความเหมาะสมด้านการวัดและประเมินผล** | | | | | | |
| 25 | แบบประเมินกระบวนการทำโครงงาน | | | | | |
| 26 | เกณฑ์/รูบริคส์ของแบบประเมินกระบวนการทำโครงงาน | | | | | |
| 26 | แบบประเมินผลการทำโครงงาน | | | | | |
| 26 | เกณฑ์/รูบริคส์ของแบบประเมินผลการทำโครงงาน | | | | | |
| 26 | แบบประเมินการทำงานเป็นทีม | | | | | |
| 26 | เกณฑ์/รูบริคส์ของแบบประเมินการทำงานเป็นทีม | | | | | |
| 26 | แบบสังเกตพฤติกรรม | | | | | |
| 27 | จำนวนข้อสอบเหมาะสมครอบคลุมเนื้อหา | | | | | |
| 29 | เวลาในการทำข้อสอบมีความเหมาะสม | | | | | |

**ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ**

ความเหมาะสมด้านรูปแบบการเรียนการสอน

……

……

……

……

……

ความเหมาะสมด้านสื่อการสอน

……

……

……

……

……

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ความเหมาะสมของคู่มือเอกสารประกอบการสอน

……

……

……

……

……

ความเหมาะสมด้านการวัดและประเมินผล

……

……

……

……

……

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

# เครื่องมือวัด ประเมิน สำหรับการวิจัย

รูปแบบการสอน ICAE-Model ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน
เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัว

---

## แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน ICAE-Model

**วัตถุประสงค์**

แบบประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอนนี้เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนการสอน ICAE-Model ที่พัฒนาขึ้นตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน (Constructionism)

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่สอดคล้องกับระดับความพึงพอใจของท่าน โดยมีเกณฑ์ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 5 | หมายถึง | พึงพอใจมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง | พึงพอใจมาก |
| 3 | หมายถึง | พึงพอใจปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | พึงพอใจน้อย |
| 1 | หมายถึง | พึงพอใจน้อยที่สุด |

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร SAKON NAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

**ตอนที่ 1 ความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอน**

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ระดับความพึงพอใจ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| **ความพึงพอใจต่อรูปแบบและกิจกรรมการเรียนการสอน** | | | | | | |
| 1 | กิจกรรมสำหรับผู้เรียนสอดคล้องกับรูปแบบการเรียนการสอน | | | | | |
| 2 | ทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ | | | | | |
| 3 | ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง | | | | | |
| 4 | ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำความเข้าใจด้วยตนเอง | | | | | |
| 5 | ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการแก้ปัญหา | | | | | |
| 6 | ผู้เรียนทราบความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยตนเอง | | | | | |
| 7 | ส่งเสริมให้ผูเรียนทำงานเป็นทีม | | | | | |
| 8 | ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการกระตือรือร้นในการเรียนรู้ | | | | | |
| 9 | สามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปเรียนวิชาอื่น ๆ | | | | | |
| **ความพึงพอใจต่อสื่อสนับสนุนการเรียนการสอน** | | | | | | |
| 10 | สื่อมีความเหมาะสมกับเนื้อหาและรูปแบบการเรียนการสอน | | | | | |
| 11 | สื่อช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ | | | | | |
| 12 | สื่อสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน | | | | | |
| 13 | สื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง | | | | | |
| 14 | สื่อครอบคลุมเนื้อหา | | | | | |
| 15 | สื่อมีความชัดเจน | | | | | |
| 16 | เอกสารประกอบการเรียนการสอนมีความเหมาะสม | | | | | |
| 17 | เอกสารประกอบการเรียนการสอนส่งเสริมการเรียนรู้ | | | | | |
| **ความพึงพอใจต่อการวัดและประเมินผล** | | | | | | |
| 18 | การประเมินผลมีความยุติธรรม | | | | | |
| 19 | เวลาในการทำแบบทดสอบเพียงพอ | | | | | |
| 20 | พอใจกับการประเมินผลตามสะภาพจริง | | | | | |

**ตอนที่ 2** ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ
ด้านรูปแบบการเรียนการสอน

……
……
……

ด้านเนื้อหา

……
……
……

ด้านสื่อและโปรแกรมประกอบการเรียนการสอน

……
……
……

ด้านอื่น ๆ

……
……
……

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**แบบประเมินกระบวนการเรียนรู้**

**โครงงานเรื่อง** .....

**ชื่อ-นามสกุล**..... **กลุ่มที่**.....

**ชื่อหน่วย**.....

**ผู้ประเมิน** ☐ ผู้สอน ☐ ผู้ช่วยสอน ☐ ผู้เรียน ☐ สมาชิกในกลุ่ม

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ระดับการประเมิน | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ดี (3) | พอใช้ (2) | ปรับปรุง (1) |
| 1 | การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ | | | |
| 2 | การวางแผนการลงมือปฏิบัติ | | | |
| 3 | การลงมือปฏิบัติ | | | |
| 4 | การสรุปผลการทดลอง | | | |
| 5 | การตอบคำถามการเรียนรู้ | | | |
| 6 | การดูแลและเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือ | | | |
| | **รวมคะแนน** | | | |
| | **คะแนนที่ได้** | | | |

แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ประเมิน

**เกณฑ์การประเมินกระบวนการเรียนรู้**

**การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้**

**ดี** หมายถึง

- มีการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้หรือตั้งคำถามการเรียนรู้ครอบคลุมกับหัวข้อเรื่อง

**พอใช้** หมายถึง

- มีการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้หรือตั้งคำถามการเรียนรู้ไม่ครอบคลุมกับหัวข้อเรื่อง

**ปรับปรุง** หมายถึง

- ไม่มีการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้หรือตั้งคำถามการเรียนรู้

**การวางแผนการลงมือปฏิบัติ**

**ดี** หมายถึง

- มีการวางแผนการลงมือปฏิบัติ อย่างเป็นขั้นตอน

**พอใช้** หมายถึง

- มีการวางแผนการลงมือปฏิบัติ แต่ไม่เป็นขั้นตอน

**ปรับปรุง** หมายถึง

- ไม่มีการวางแผนการลงมือปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน

**การลงมือปฏิบัติ**

**ดี** หมายถึง

- ลงมือปฏิบัติตามแผน บันทึกข้อมูลในทุกขั้นตอน

**พอใช้** หมายถึง

- ลงมือปฏิบัติตามแผน ขาดการบันทึกข้อมูลในบางขั้นตอน

**ปรับปรุง** หมายถึง

- ลงมือปฏิบัติตามแผนบ้าง ไม่บันทึกข้อมูลในแต่ละขั้นตอน

**การสรุปผลการทดลอง**

**ดี** หมายถึง

- มีการสรุปผลการทดลองตามเป้าหมายได้อย่างถูกต้อง

**พอใช้** หมายถึง

- มีการสรุปผลการทดลองตามเป้าหมาย แต่ต้องแก้ไขความถูกต้อง

**ปรับปรุง** หมายถึง

- ไม่มีการสรุปผลการทดลองตามเป้าหมาย

**การตอบคำถามการเรียนรู้**

**ดี** หมายถึง

- มีการตอบคำถามตามเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด ถูกต้องทุกคำถาม
- บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้

**พอใช้** หมายถึง

- มีการตอบคำถามตามเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด แต่ต้องแก้ไขความถูกต้อง
- บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้บางส่วน

**ปรับปรุง** หมายถึง

- ไม่มีการตอบคำถามตามที่กำหนด
- ไม่บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้

**การดูแลและเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือ**

**ดี** หมายถึง

- ดูแลอุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลอง ทำความสะอาดและเก็บอย่างถูกต้อง

**พอใช้** หมายถึง

- ดูแลอุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลอง ทำความสะอาดแต่เก็บอย่างไม่ถูกต้อง

**ปรับปรุง** หมายถึง

- ไม่ดูแลอุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลอง ไม่สนใจทำความสะอาดและเก็บอย่างไม่ถูกต้อง

| แบบประเมินผลงาน | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **โครงงานเรื่อง**…… | | | | |
| **กลุ่มที่**…… **รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม 1**……...…… | | | | |
| **2**……...…….... **3**……...……...…….... | | | | |
| **ผู้ประเมิน** ☐ ผู้สอน ☐ ผู้ช่วยสอน ☐ ผู้เรียน ☐ สมาชิกในกลุ่ม | | | | |
| **ข้อที่** | **รายการประเมิน** | **ระดับการประเมิน** | | |
| | | **ดี (3)** | **พอใช้ (2)** | **ปรับปรุง (1)** |
| 1 | การออกแบบวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ | | | |
| 2 | การหาแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุม | | | |
| 3 | การจำลองตัวควบคุม PID | | | |
| 4 | การออกแบบตัวควบคุม PID | | | |
| 5 | การเขียนรายงาน | | | |
| | **คะแนนรวม** | | | |
| | **คะแนนที่ได้** | | | |

แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม

……

……

……

……

……

ลงชื่อ…….

(……)

ผู้ประเมิน

**เกณฑ์การประเมินผลงาน**

**การออกแบบวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ**

**ดี** หมายถึง

- แสดงวิธีการเลือกค่าความถี่คัตออฟได้เหมาะสม
- คำนวณหาพารามิเตอร์ฟังก์ชันโอนย้ายของวงจรได้ถูกต้อง
- แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำกับสัญญาณที่ไม่ได้ผ่าน

วงจรให้เห็นชัดเจน

**พอใช้** หมายถึง

- เลือกค่าความถี่คัตออฟได้เหมาะสมแต่ไม่แสดงวิธีการ
- คำนวณหาพารามิเตอร์ฟังก์ชันโอนย้ายของวงจรได้ถูกต้อง
- ไม่แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำกับสัญญาณที่ไม่ได้ผ่านวงจรให้เห็นชัดเจน

**ปรับปรุง** หมายถึง

- เลือกค่าความถี่คัตออฟไม่เหมาะสม
- คำนวณหาพารามิเตอร์ฟังก์ชันโอนย้ายของวงจรไม่ถูกต้อง
- ไม่แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำกับสัญญาณที่ไม่ได้ผ่านวงจรให้เห็นชัดเจน

**การหาแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบควบคุม**

**ดี** หมายถึง

- เขียนฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมได้ถูกต้อง
- คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมได้ถูกต้อง
- แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของระบบกับผลตอบสนองของระบบควบคุม

**พอใช้** หมายถึง

- เขียนฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมได้ถูกต้อง
- คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมได้ถูกต้อง
- ไม่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของระบบกับผลตอบสนองของระบบควบคุม

**ปรับปรุง** หมายถึง

- เขียนฟังก์ชันโอนย้ายของระบบควบคุมไม่ถูกต้อง
- คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมไม่ถูกต้อง
- ไม่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของระบบกับผลตอบสนองของระบบควบคุม

**การจำลองตัวควบคุม PID**

**ดี** หมายถึง

- แสดงผลการจำลองตัวควบคุม PID ได้ถูกต้อง
- แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบสนองของตัวควบคุมกับโครงสร้างคณิตศาสตร์ของตัวควบคุม

**พอใช้** หมายถึง

- แสดงผลการจำลองตัวควบคุม PID ได้ถูกต้อง
- ไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบสนองของตัวควบคุมกับโครงสร้างคณิตศาสตร์ของตัวควบคุม

**ปรับปรุง** หมายถึง

- แสดงผลการจำลองตัวควบคุม PID ไม่ถูกต้อง
- ไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบสนองของตัวควบคุมกับโครงสร้างคณิตศาสตร์ของตัวควบคุม

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

**การออกแบบตัวควบคุม PID**

**ดี** หมายถึง

- ออกแบบตัวควบคุม PID ได้ถูกต้อง เหมาะสม
- แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของโพลกับผลตอบสนองของระบบควบคุม

**พอใช้** หมายถึง

- ออกแบบตัวควบคุม PID ได้ถูกต้อง เหมาะสม
- ไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของโพลกับผลตอบสนองของระบบควบคุม

**ปรับปรุง** หมายถึง

- ออกแบบตัวควบคุม PID ไม่ถูกต้อง
- ไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของโพลกับผลตอบสนองของระบบควบคุม

**การเขียนรายงาน**

**ดี** หมายถึง

- เขียนรายงานตรงตามเป้าหมายการเรียนรู้ แสดงการเชื่อมโยงให้เห็นเป็นภาพรวม
- เรียบเรียงการออกแบบการทดลองได้กระชับ ถูกต้อง
- แสดงขั้นตอนการทดลองได้กระชับ ถูกต้อง
- สรุปผลการทดลองได้กระชับ ถูกต้อง
- วิเคราะห์ผลการทดลองได้ละเอียด ถูกต้อง

**พอใช้** หมายถึง

- เขียนรายงานตรงตามเป้าหมายการเรียนรู้ แสดงการเชื่อมโยงให้เห็นเป็นภาพรวม
- เรียบเรียงการออกแบบการทดลองไม่กระชับ ถูกต้อง
- แสดงขั้นตอนการทดลองไม่กระชับ ถูกต้อง
- สรุปผลการทดลองไม่กระชับ ถูกต้อง
- วิเคราะห์ผลการทดลองไม่ละเอียด ถูกต้อง

**ปรับปรุง** หมายถึง

- เขียนรายงานไม่ตรงตามเป้าหมายการเรียนรู้ ไม่มีการแสดงการเชื่อมโยงให้เห็นเป็นภาพรวม

- เรียบเรียงการออกแบบการทดลองไม่กระชับ ไม่ถูกต้อง
- แสดงขั้นตอนการทดลองไม่กระชับ ไม่ถูกต้อง
- สรุปผลการทดลองไม่กระชับ ไม่ถูกต้อง
- วิเคราะห์ผลการทดลองไม่ละเอียด ไม่ถูกต้อง

**แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้**

**ชื่อ-นามสกุล**.....

**ผู้ประเมิน** ☐ ผู้สอน ☐ ผู้ช่วยสอน ☐ ผู้เรียน ☐ สมาชิกในกลุ่ม

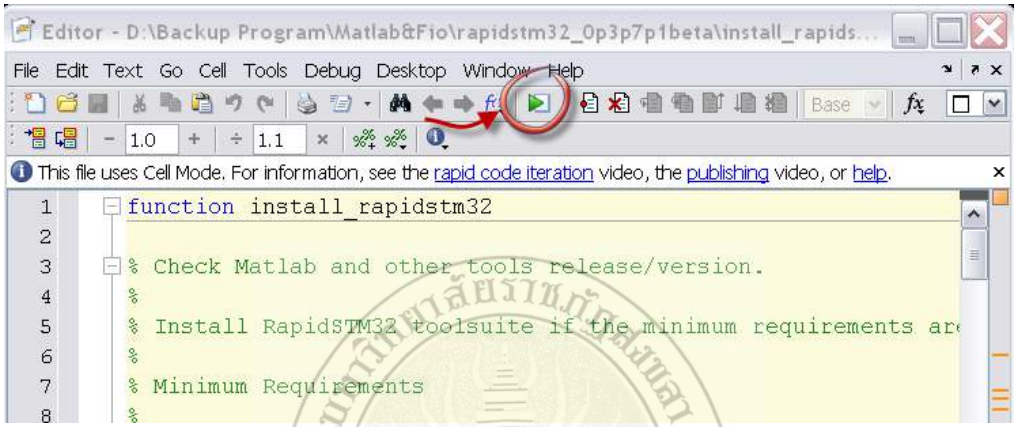
| ลำดับ | รายการพฤติกรรม | การพิจารณา | | ข้อสังเกตเพิ่มเติม |
|---|---|---|---|---|
| | | มี | ไม่มี | |
| 1 | ครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ | | | |
| 2 | ผู้เรียนได้เรียนรู้การเรียนรู้ของตนเอง | | | |
| 3 | ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ | | | |
| 4 | ผู้เรียนได้เรียนรู้ในสภาพจริง แก้ปัญหาจากสภาพจริง | | | |
| 5 | ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง | | | |
| 6 | มีการร่วมกันสร้างความรู้ | | | |
| 7 | ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมเพื่อสร้างความรู้ใหม่ | | | |
| 8 | ผู้เรียนเรียนรู้จากการแก้ปัญหา | | | |
| 9 | ผู้เรียนได้พิจารณาสังเกตจากข้อผิดพลาด | | | |
| 10 | ผู้เรียนได้มีการสำรวจ ค้นคว้าด้วยตนเอง | | | |
| 11 | ผู้เรียนเรียนรู้โดยการฝึกหัด | | | |
| 12 | ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในการเรียนรู้ | | | |
| 13 | ผู้เรียนสามารถเลือกรูปแบบการเรียนรู้ | | | |
| 14 | มีระบบช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ | | | |
| 15 | มีการประเมินผลการสอนตามสภาพจริง | | | |

# ภาคผนวก ง

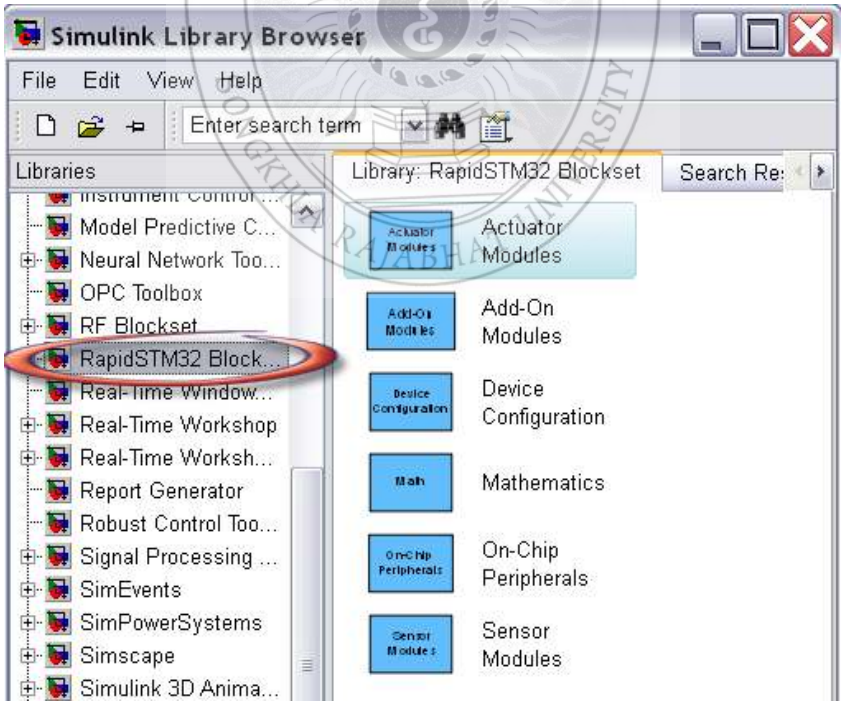
- การติดตั้งโปรแกรม Waijung Blockset
- โปรแกรมระบบควบคุมความเร็ว DC Motor
- โปรแกรมระบบควบคุมตำแหน่ง DC Motor
- โปรแกรมระบบควบคุมอุณหภูมิ
- การต่อวงจรชุดทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

การติดตั้ง Rapidstm32 Blockset ดาวน์โหลด Rapidstm32 Blockset ได้จาก http://www.fioboards.com/download/ ไฟล์ที่ได้จากการดาวน์โหลดเป็น .rar เมื่อแตกไฟล์ออกมาจะมี install_rapidstm32.m เป็น M ไฟล์ที่ใช้ในการติดตั้ง เปิดไฟล์ install_rapidstm32.m แล้วคลิกที่ Run install_rapidstm32.m ดังภาพที่ จ-1 และภาพที่ จ-2

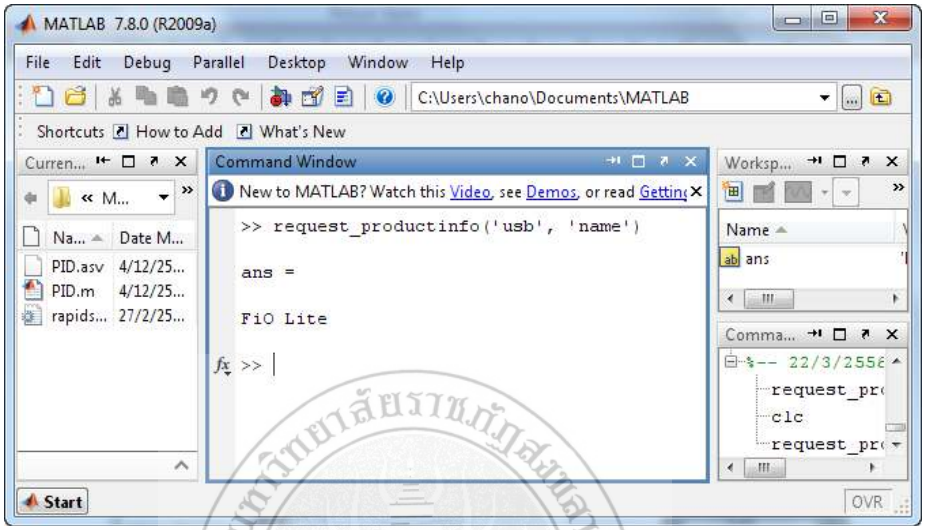



**ภาพที่ จ-1** Install_rapidstm32



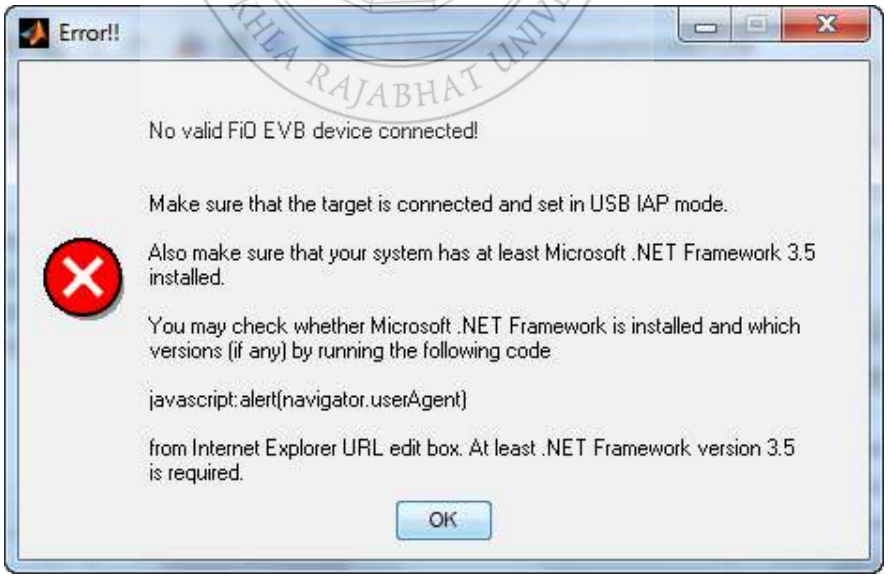

**ภาพที่ จ-2** Rapidstm32 ในหน้าต่าง Libraries Simulink

การทดสอบการเชื่อมต่อบอร์ด ทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดกับคอมพิวเตอร์โดยพิมพ์คำสั่ง request_productinfo ('usb','name') หากบอร์ดมีการเชื่อมต่อจะปรากฏ Fio lite ดังภาพที่ จ-3



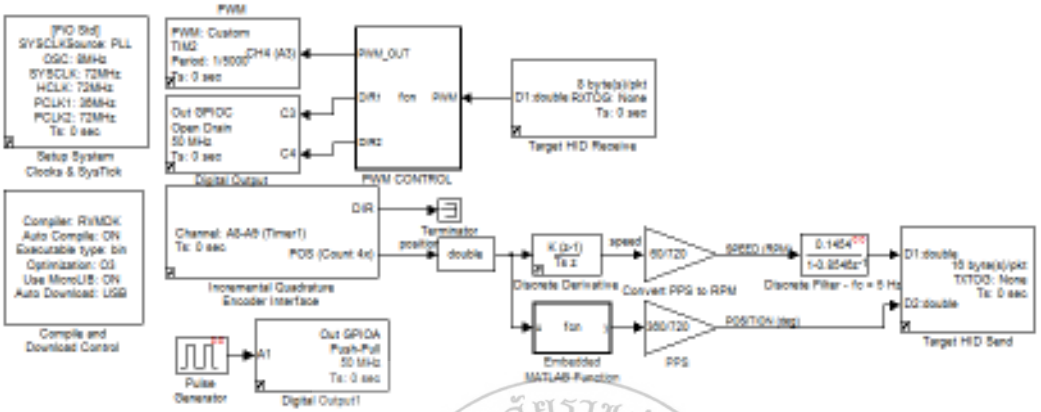

**ภาพที่ จ-3** ทดสอบการเชื่อมต่อ

หากโปรแกรมและบอร์ดไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้จะปรากฏหน้าต่าง Error No Fio Board ดังภาพที่ จ-4



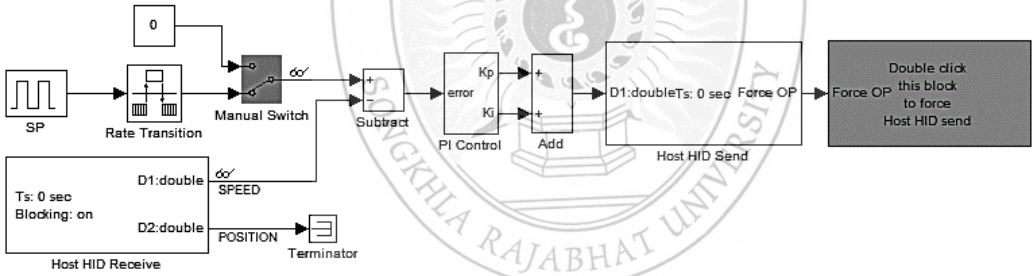

**ภาพที่ จ-4** หน้าต่าง Error ไม่พบบอร์ด

โปรแกรม Tatget ของระบบควบคุมความเร็วและควบคุมระบบตำแหน่ง DC มอเตอร์ แสดงดังภาพที่ จ-5



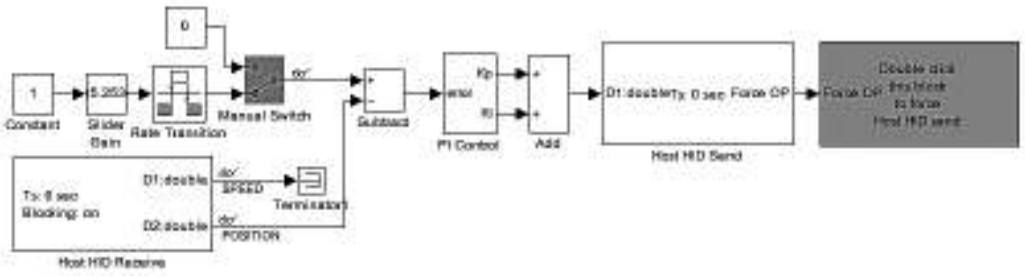

**ภาพที่ จ-5** โปรแกรม Target ของระบบควบคุมความเร็วและควบคุมระบบตำแหน่ง DC มอเตอร์

โปรแกรม Host ของระบบควบคุมความเร็ว DC มอเตอร์ แสดงดังภาพที่ จ-6



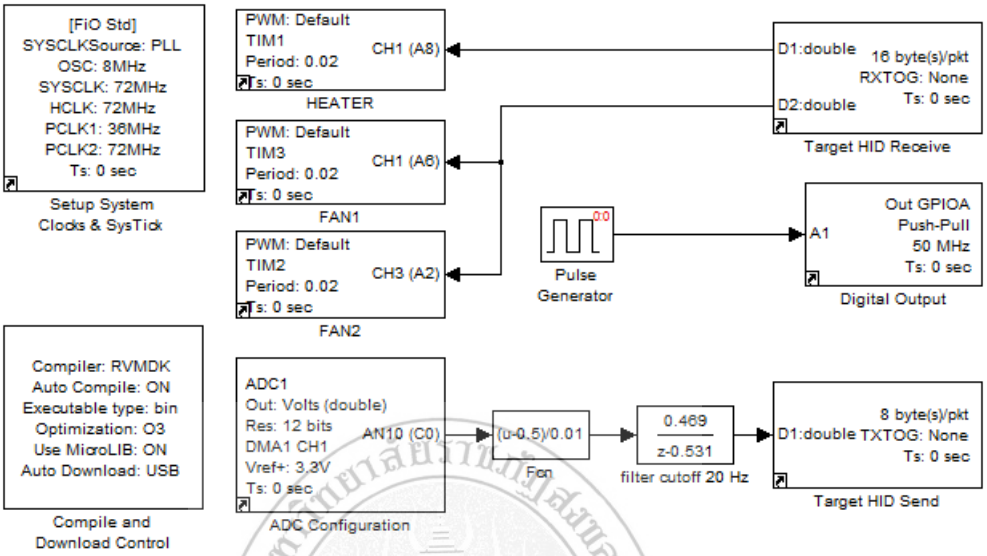

**ภาพที่ จ-6** โปรแกรม Host ของระบบควบคุมความเร็ว DC มอเตอร์

โปรแกรม Host ของระบบควบคุมตำแหน่ง DC มอเตอร์ แสดงดังภาพที่ จ-7



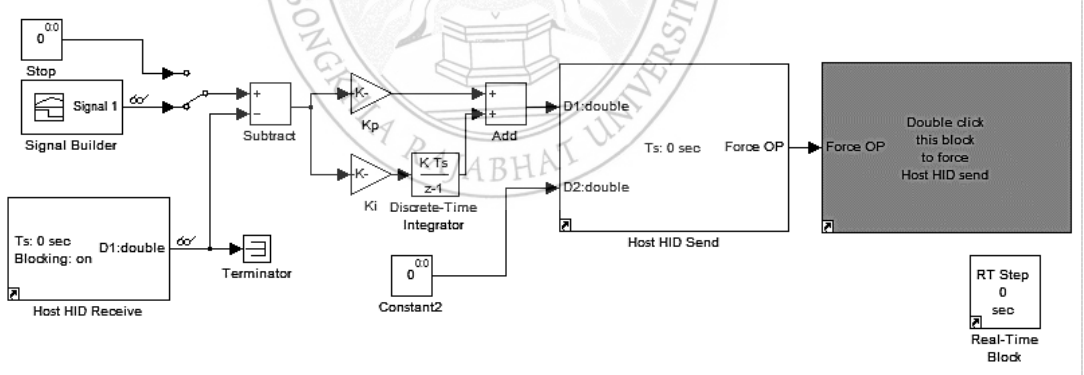

**ภาพที่ จ-7** โปรแกรม Host ของระบบควบคุมตำแหน่ง DC มอเตอร์

โปรแกรม Tatget ของระบบควบคุมอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ จ-8



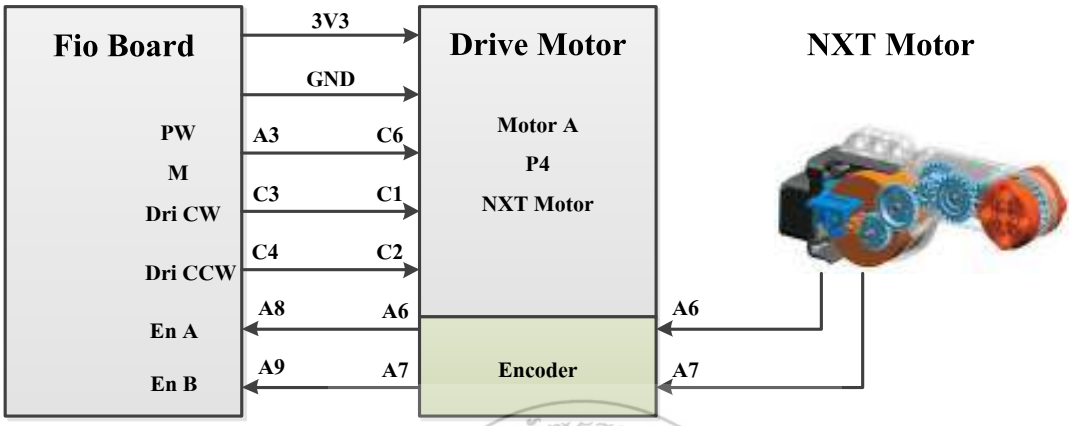

**ภาพที่ จ-8** โปรแกรม Target ของระบบควบคุมอุณหภูมิ

โปรแกรม Host ของระบบควบคุมอุณหภูมิแสดงดังภาพที่ จ-9



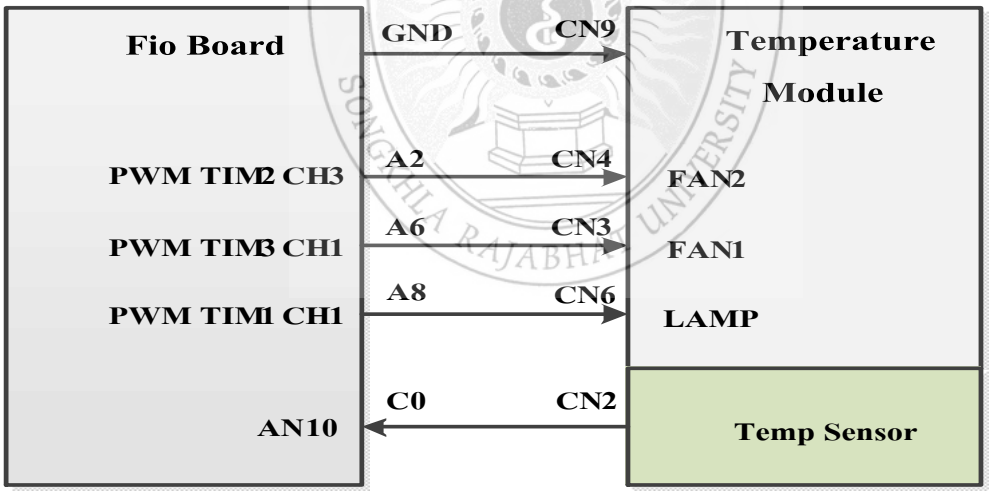

**ภาพที่ จ-9** โปรแกรม Host ของระบบควบคุมอุณหภูมิ

การต่อวงจรชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ แสดงดังภาพที่ จ-10




**ภาพที่ จ-10** การต่อวงจรชุดทดลองควบคุมมอเตอร์

การตอวงจรชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ จ-11




**ภาพที่ จ-11** การต่อวงจรชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิ

# ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายวิชาญ เพ็ชรทอง

ประวัติส่วนตัว

เกิดที่บ้านเลขที่ 193/1 หมู่ 6 ตำบลปาดังเบซาร์ อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา รหัสไปรษณีย์ 90240

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2536 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จากโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนสังวาลย์วิทย์ 2

พ.ศ. 2539 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนปาดังศึกษา

พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า จากวิทยาลัยเทคนิคปัตตานี

พ.ศ. 2545 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง จากวิทยาลัยเทคนิคปัตตานี

พ.ศ. 2547 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2550 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

พ.ศ. 2557 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาไฟฟ้าศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบัน อาจารย์พนักงานมหาวิทยาลัย โปรแกรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา