รายงานการวิจัย
เรื่อง

การสร้างความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับระบบควบคุมพื้นฐาน

โดยใช้โปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้

โดย

เที่ยง เหมียดไธสง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ปี พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (2)
กิตติกรรมประกาศ ..... (3)
สารบัญ ..... (4)
สารบัญภาพ ..... (11)

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.5 คำนิยามศัพท์ 5
1.6 การจัดเนื้อหาของการวิจัย 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ 7
2.1.1 .การวิวัฒนาการจาก CUI สู่ TUI 8
2.1.2 .ความแตกต่างของระบบ GUI และ TUI 10
2.1.3 .การทำงานของ TUI 12
2.1.4 . โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ 13
2.1.5..ประเภทของ TUI 18
2.1.5.1 เซตการสร้าง 19
2.1.5.2 พื้นผิวปฏิสัมพันธ์ 23
2.2 การเรียนรู้และการจัดกระทำ 28

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2.1 .การเรียนรู้จากประสบการณ์และการจัดกระทำวัตถุทางการศึกษา..... 28
2.2.2 .การเรียนรู้จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม 32
2.2.3 .การจัดกระทำดิจิทัล..... 44
2.3 ระบบควบคุมพื้นฐาน 46
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 48

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 53
3.1 การวิจัยระยะที่ 1 การ การสร้างและ การทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพ 55
3.1.1 การสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ 55
3.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพ..... 56
3.2 การวิจัยระยะที่ 2 การสร้างความรู้ด้วยตนเองและการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน โดยศึกษาการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพ..... 57
3.3 การวิจัยระยะที่ 3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีในการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยโปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพและแอคตีพ 57
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 58

บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 59
4.1 การสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ 59
4.1.1 ผลการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับชุดคำสั่งควบคุมหุ่นยนต์และหุ่นยนต์... 60
4.1.1.1 การออกแบบส่วนรับสัญญาณจาก LDR..... 61
4.1.1.2 การออกแบบการรับส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ 2.4 กิกะเฮิร์ต 62
4.1.1.4 การออกแบบส่วนติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน RS232 63
4.1.2 การออกแบบคำสั่งแต่ละคำสั่ง 63

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.1.2.1 คำสั่งเดินหน้า 63
4.1.2.2 คำสั่งถอยหลัง 64
4.1.2.3 คำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา 65
4.1.2.4 คำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา 65
4.1.2.5 คำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา 66
4.1.2.6 คำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา 67
4.1.2.7 คำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร 67
4.1.2.8 คำสั่งระยะทาง 40 เซนติเมตร 68
4.1.2.9 คำสั่งเซ็นเซอร์ 69
4.1.3 การออกแบบหุ่นยนต์ 69
4.1.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันระหว่างคำสั่ง
และหุ่นยนต์ 71
4.1.4.1 การทดสอบเวลาการรับส่งข้อมูล 71
4.1.4.2 การทดสอบระยะการรับส่งข้อมูล 72
4.1.4.3 การทดสอบการสิ้นเปลืองพลังงานของหุ่นยนต์ 72
4.1.4.4 การทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งาน 72
4.1.5 ผลการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับการควบคุมในงานอุตสาหกรรม
ผสมสารเคมี 74
4.1.5.1 การออกแบบต้นแบบของชุดควบคุมระบบ 74
4.1.5.2 การออกแบบถังผสมสารเคมี 75
4.1.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันระหว่างคำสั่ง
และชุดผสมสารเคมี 76
4.1.6.1 การทดสอบการรับแสงของ LDR 76
4.1.6.1 การทดสอบการรับส่งข้อมูล 77
4.1.6.2 การทดสอบการทำงานของระบบการควบคุมปั๊มน้ำแต่ละถังน้ำ.. 77

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.1.6.4 การทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งาน 79
4.1.7 ผลการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับการควบคุมในงานอุตสาหกรรม
สายพานลำเลียง 79
4.1.7.1 การออกแบบสายพานลำเลียง 79
4.1.7.2 การออกแบบส่วนควบคุมระบบ 81
4.1.7.3 การออกแบบส่วนเซ็นเซอร์ 81
4.1.8 การทดสอบประสิทธิภาพการควบคุม
ในงานอุตสาหกรรมสายพานลำเลียง 83
4.1.8.1 การทดสอบการทำงานของระบบการควบคุมสายพานระบบเปิด.. 83
4.1.8.2 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสายพานระบบปิด 84
4.1.8.3 การทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งาน 84
4.2 การสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีฟ 85
4.2.1 การออกแบบโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีฟ 85
4.2.2 การออกแบบชุดคำสั่ง 90
4.2.2.1 คำสั่งเดินหน้า 90
4.2.2.2 คำสั่งถอยหลัง 91
4.2.2.3 คำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา 91
4.2.2.4 คำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา 92
4.2.2.5 คำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา 92
4.2.2.6 คำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา 93
4.2.2.7 คำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร 93
4.3 การใช้งานจริงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในระบบควบคุมพื้นฐาน
กรณีศึกษา การควบคุมหุ่นยนต์ 94
4.3.1 การสร้างความรู้ด้วยตนเอง 94
4.3.1.1 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด:
กรณีศึกษา การควบคุมให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้าแล้วหยุด 95

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3.1.2 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด:
กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้า 2 ครั้ง..... 97
4.3.1.3 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด:
กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้า
แล้วถอยหลังกลับที่เดิม..... 99
4.3.1.4 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด:
กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษร แอล..... 100
4.3.1.5 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด:
กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษร ที..... 101
4.3.1.6 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด:
กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษร ยู..... 103
4.3.1.7 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด:
กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษร วี..... 104
4.3.1.8 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด:
กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินซิกแซก..... 105
4.3.1.9 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด:
กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยม 106
4.3.1.10 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด:
กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสามเหลี่ยม 108
4.3.2 การสร้างความรู้ด้วยตนเอง..... 110
4.3.2.1 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบปิด..... 110
4.3.3 การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน..... 112
4.4 การใช้งานจริงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในระบบควบคุมพื้นฐาน
กรณีศึกษา การควบคุมในงานอุตสาหกรรม..... 119
4.4.1 การสร้างความรู้ด้วยตนเอง..... 119
4.4.1.1 ระบบควบคุมการผสมสารเคมีแบบเปิด:กรณีการผสมสารเคมี.. 119

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.4.1.2 ระบบควบคุมสายพานลำเรียงแบบเปิด:
กรณีศึกษา สายพานอัตโนมัติ 122
4.4.1.3 ระบบควบคุมสายพานลำเรียงแบบปิด:
กรณีศึกษา สายพานอัตโนมัติ 124
4.4.2 การพัฒนาโปรแกรมแบบพาสซีพในการควบคุมหุ่นยนต์ 125
4.5 การอบรมวิทยาลัยการอาชีพบ้านลาด 128
4.6 การอบรมวิทยาลัยการอาชีพเขาย้อย 130
4.7 การจัดนิทรรศการ 132
4.8 การแข่งขันหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ 134

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 137
5.1 สรุปผลการวิจัย 138
5.1.1 ผลการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัส
และรู้สึกได้แบบแอคตีพและแบบพาสซีพ 138
5.1.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ 139
5.1.3 ผลการศึกษาการใช้งานลอจิกบล็อกแบบพาสซีพและแอคตีพ 140
5.1.4 ผลการถ่ายทอดโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ 142
5.2 ข้อวิจารณ์ผลการวิจัย 142
5.2.1 การพัฒนาและสร้างลอจิกบล็อก 143
5.2.2 หลักการเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้
สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน 144
5.2.3 การเรียนรู้โดยการสร้างความรู้ด้วยตนเอง 145
5.3 ข้อเสนอแนะในการออกแบบและใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้
สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน 146
5.4 ข้อเสนอแนะการพัฒนาในอนาคต 147

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม 148
ภาคผนวก ก โปรแกรมคำสั่งเดินหน้า 153
ภาคผนวก ข โปรแกรมคำสั่งถอยหลัง 157
ภาคผนวก ค โปรแกรมคำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา 161
ภาคผนวก ง โปรแกรมคำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา 165
ภาคผนวก จ โปรแกรมคำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา 169
ภาคผนวก ฉ โปรแกรมคำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา 173
ภาคผนวก ช โปรแกรมคำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร 177
ภาคผนวก ซ โปรแกรมคำสั่งระยะทาง 40 เซนติเมตร 181
ภาคผนวก ฌ โปรแกรมคำสั่งเซ็นเซอร์ 185
ภาคผนวก ญ การเผยแพร่งานวิจัย 189
ประวัติผู้วิจัย 198

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 แสดงวิวัฒนาการของเครื่องมือในการเข้าถึงและเข้าใจระบบพลวัตรในองค์กร และอุตสาหกรรม 2
1.2 แสดงวิวัฒนาการเข้าถึงและเข้าใจระบบควบคุมพื้นฐานบนสุดคือแนวคิดในงานวิจัยนี้ ..3
2.1 แสดงกรอบแนวคิดทฤษฎี 7
2.2 แสดงลูกคิดแนวคิดพื้นฐานของการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ 8
2.3 แสดง Urp รูปแบบทางกายภาพสำหรับสถาปัตยกรรม 10
2.4 แสดงกระบวนทัศน์ของระบบ GUI 11
2.5 แสดงกระบวนทัศน์ของระบบ TUI 11
2.6 แสดงกระบวนทัศน์ของระบบ TUI 2 วง 12
2.7 แสดงกระบวนทัศน์ของระบบ TUI 3 วง 13
2.8 แสดง AlgoBlock 14
2.9 แสดงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในการควบคุมเตาไมโครเวฟ 14
2.10 แสดงการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 15
2.11 แสดงการใช้งานดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 16
2.12 แสดงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับใช้ในห้องเรียน 17
2.13 แสดงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับผู้เริ่มต้น 17
2.14 แสดงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับผู้เริ่มต้น 18
2.15 แสดงรูปร่างการสัมผัสผิวของวัตถุและชุดเซตของการสร้าง 19
2.16 แสดงระบบ Building blocks system 19
2.17 แสดง Solid Programming 20
2.18 แสดงระบบ Intelligent modeling systems 20
2.19 แสดง Stackables 21
2.20 แสดง บล็อกของ Anderson 21
2.21 แสดง Active Cubes 22

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.22 แสดง Navigational Block.....22
2.23 แสดงการใช้งานTopobo 23
2.24 แสดงโต๊ะดิจิทัล.....24
2.25 แสดง Real reality 24
2.26 แสดง BUILD-IT.....25
2.27 แสดง Urban planning simulator.....25
2.28 แสดง TransBOARD.....26
2.29 แสดง Designer’s Outpost.....27
2.30 แสดง Senseboard system 27
2.31 แสดงแนวคิด Piaget, Bruner, Vygotsky และ Papert 43
2.32 แสดงลูกปัดดิจิทัล 45
2.33 แสดงลูกบอลดิจิทัล.....45
2.34 แสดงความสัมพันธ์อินพุทและเอาท์พุท.....46
2.35 แสดงระบบควบคุมแบบเปิด 46
2.36 แสดงระบบควบคุมแบบปิด 47
4.1 บล็อกไดอะแกรมชุดคำสั่งและหุ่นยนต์โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้.....60
4.2 บล็อกไดอะแกรมชุดคำสั่งโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้.....60
4.3 ชุดคำสั่งและหุ่นยนต์.....61
4.4 วงจรของการรับสัญญาณจาก LDR.....61
4.5 ลักษณะบอร์ด nrf24l04.....62
4.6 การเชื่อมต่อกับ arduino 63
4.7 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเดินหน้า.....64
4.8 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งถอยหลัง.....64
4.9 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา 65
4.10 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา 66
4.11 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา 66

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.12 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา 67
4.13 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร 68
4.14 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งระยะทาง 40 เซนติเมตร 68
4.15 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเซ็นเซอร์ 69
4.16 ลักษณะหุ่นยนต์ 70
4.17 การวางเซ็นเซอร์ที่ตัวหุ่นยนต์ 70
4.18 ลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์.....71
4.19 กราฟแสดงการรับส่งข้อมูลระหว่างชุดคำสั่งกับหุ่นยนต์ 71
4.20 กราฟแสดงการลดลงของพลังงานของหุ่นยนต์.....72
4.21 การใช้งานของเด็กระดับอนุบาลและประถมศึกษา 73
4.22 การใช้งานของเด็กระดับอาชีวศึกษาที่มีความรู้การเขียนโปรแกรมภาษาซี 73
4.23 นักศึกษาให้ความเห็นกับขนาดที่เหมาะสมของชุดคำสั่งและหุ่นยนต์.....74
4.24 ต้นแบบชุดควบคุมระบบควบคุมผสมสารเคมี 75
4.25 ต้นแบบถังผสมสารเคมี.....75
4.26 การสัมผัสกับ LDR เพื่อบังแสง.....76
4.27 การโปรแกรมชุดคำสั่งโดยบังแสงที่มีความสว่างมาก.....77
4.28 การทดสอบถังน้ำแต่ละถัง.....78
4.29 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมในการสูบน้ำเข้าถัง 78
4.30 การทดสอบการโปรแกรมควบคุมการสูบสารเคมีเข้าถัง.....79
4.31 การออกแบบระบบสายพานลำเลียง 80
4.32 การออกแบบระบบเชื่อมต่อกับมอเตอร์ 80
4.33 การวางระบบสายพานลำเลียง 81
4.34 บอร์ดควบคุมระบบสายพาน.....81
4.35 เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุของสายพานลำเรียง 82
4.36 การวางเซ็นเซอร์บนสายพานลำเลียง.....82
4.37 การจัดวางเซ็นเซอร์ในระบบสายพาน 83

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.38 สายพานลำเรียงในระบบเปิด....83
4.39 สายพานลำเรียงในระบบปิด....84
4.40 ทดลองกับผู้ใช้งานในระบบปิด....85
4.41 แสดงสัญลักษณ์ fiducial และหลักการทำงาน....86
4.42 แสดงโปรแกรม Processing IDE....86
4.43 โต๊ะสำหรับการเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....87
4.44 แสดงกล้องเว็บแคมรุ่น MDC-10....87
4.45 การติดตั้งกล้องเว็บแคมและกระจกสะท้อนภาพ....88
4.46 การติดตั้งโปรเจ็คเตอร์....88
4.47 ลักษณะการฉายภาพขึ้นจอ....89
4.48 ชุดคำสั่งและหุ่นยนต์....89
4.49 ชุดคำสั่งหุ่นยนต์และภาพเสมือนจริง....90
4.50 ภาพเสมือนหุ่นยนต์เดินหน้าและ fiducial คำสั่งเดินหน้า....90
4.51 ภาพเสมือนหุ่นยนต์ถอยหลังและ fiducial คำสั่งถอยหลัง....91
4.52 ภาพเสมือนหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย 90 องศาและ fiducial คำสั่งเลี้ยว 90 องศา....91
4.53 ภาพเสมือนหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย 45 องศาและ fiducial คำสั่งเลี้ยว 45 องศา....92
4.54 ภาพเสมือนหุ่นยนต์เลี้ยวขวา 90 องศาและ fiducial คำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา....92
4.55 ภาพเสมือนหุ่นยนต์เลี้ยวขวา 45 องศาและ fiducial คำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา....93
4.56 ภาพเสมือนหุ่นยนต์ระยะทาง 20 เซนติเมตรและ fiducial ระยะทาง 20 เซนติเมตร....93
4.57 แสดงบล็อกไดอะแกรมการควบคุมระบบแบบเปิด....95
4.58 แสดงหุ่นยนต์และชุดคำสั่ง....96
4.59 แสดงหุ่นยนต์และชุดคำสั่งของหุ่นยนต์ทั้งหมด....96
4.60 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์โดยเรียงลำดับคำสั่ง....97
4.61 แสดงคำสั่งเดินหน้า 2 ครั้งแล้วหยุด 4 คำสั่ง....98
4.62 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เพียงสองคำสั่งแต่เดินหน้า 2 ครั้ง 2 คำสั่ง....98
4.63 แสดงคำสั่งเดินหน้าแล้วถอยหลัง 4 คำสั่ง....99

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.64 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินหน้าถึงเป้าหมายแล้วถอยหลังสู่ตำแหน่งเดิม.....100
4.65 แสดงคำสั่งถอยหลังด้วยระยะทาง 20 เซนติเมตรจำนวน 3 คำสั่ง 100
4.66 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินหน้าแล้วถอยหลัง 101
4.67 แสดงคำสั่งโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวแอล.....101
4.68 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษรตัวที.....102
4.69 แสดงคำสั่งโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษรตัวที 102
4.70 แสดงความเข้าใจระบบแบบเปิด 103
4.71 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินหน้าแล้วถอยหลัง 103
4.72 แสดงคำสั่งโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวยู.....104
4.73 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินหน้าเป็นรูปตัววี.....104
4.74 แสดงคำสั่งโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัววี.....105
4.75 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินซิกแซก.....105
4.76 แสดงคำสั่งโปรแกรมหุ่นยนต์เดินซิกแซก 105
4.77 แสดงโปรแกรมที่ควบคุมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก.....106
4.78 แสดงลักษณะการอธิบายในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง 107
4.79 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เป็นรูป สามเหลี่ยมมุมฉาก.....108
4.80 แสดงคำสั่งการโปรแกรมหุ่นยนต์เป็นรูป สามเหลี่ยมมุมฉาก.....108
4.81 แสดงลักษณะการอธิบายในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง 109
4.82 แสดงการทำงานของระบบควบคุมแบบปิด 110
4.83 หุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้.....111
4.84 โปรแกรมหุ่นยนต์ชนสิ่งกีดขวางแล้วถอยหลังกลับ.....111
4.85 แสดงการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการโปรแกรมหุ่นยนต์ 112
4.86 แสดงการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันก่อนการทำการโปรแกรมหุ่นยนต์.....113
4.87 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้.....114
4.88 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้.....114
4.89 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้.....115

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.90 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....116
4.91 แสดงการเขียนโปรแกรมแต่ละกลุ่ม....116
4.92 บรรยากาศการแข่งขันหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....117
4.93 การเขียนโปรแกรมแบบฟังชันด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....117
4.94 เด็กนัดเรียนให้ความสนใจโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....118
4.95 เด็กนักเรียนสัมผัสหุ่นยนต์เมื่อโปรแกรมเสร็จ....118
4.96 ถังสารเคมีจำนวน 3 ถัง....120
4.97 กล่องควบคุมระบบการสูบน้ำเข้าถัง....120
4.98 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....121
4.99 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....121
4.100 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....122
4.101 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....122
4.102การวางสายพานลำเลียงอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....123
4.103โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับการควบคุมสายพานลำเลียงจำนวน 4 เส้น....123
4.104 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....124
4.105 สายพานลำเลียงควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ 3 คำสั่ง....124
4.106 ผู้ใช้งานโปรแกรมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....125
4.107 แสดงลักษณะการหยิบจับลอจิกบล็อกแบบพาสซีพ....126
4.108 แสดงลักษณะการทำงานของโปรแกรมและหุ่นยนต์....126
4.109 การวางคำสั่งสองคำสั่งเพื่อควบคุมหุ่นยนต์....127
4.110 ผู้เข้ารับการถ่ายทอดความรู้การเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....128
4.111 อธิบายและสาธิตการใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....129
4.112นักศึกษาล้อมวงกันเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์....129
4.113 วิทยาลัยการอาชีพบ้านลาดแสดงความขอบคุณ....130
4.114 ผู้เข้ารับการถ่ายทอดวิทยาลัยการอาชีพบ้านลาด....130
4.115 การอธิบายและการสาธิตการใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....131

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.116 ครูและนักศึกษาเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน....131
4.117 การทำงานเป็นทีมสำหรับการเขียนโปรแกรมรูปแบบใหม่....132
4.118 การสาธิตและการอธิบายการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์....132
4.119 ครูที่นำนักเรียนเข้าชมนิทรรศการให้ความสนใจการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ 133
4.120 ผู้บริหารระดับสูงมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีให้การเยี่ยมชม....133
4.121 ผู้เข้าชมงานนิทรรศการได้เข้าทดลองใช้งานด้วยตนเอง....134
4.122 ผู้เข้าชมการแข่งขันหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้....135
4.123 ผู้เข้าแข่งขันกำลังแข่งขันหุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวาง....135
4.124 ผู้เข้าร่วมการแข่งขันกำลังเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์....136
4.125 ผู้ได้รับรางวัล....136

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การสร้างความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับระบบควบคุมพื้นฐาน โดยใช้โปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้ สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่เอื้อเฟื้อห้องวิจัยและห้องปฏิบัติการ

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุม และขอขอบคุณท่านผู้แต่งตำราทุกท่านที่ได้นำความรู้มาใช้ในงานวิจัยตลอดจนผู้ร่วมงานทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

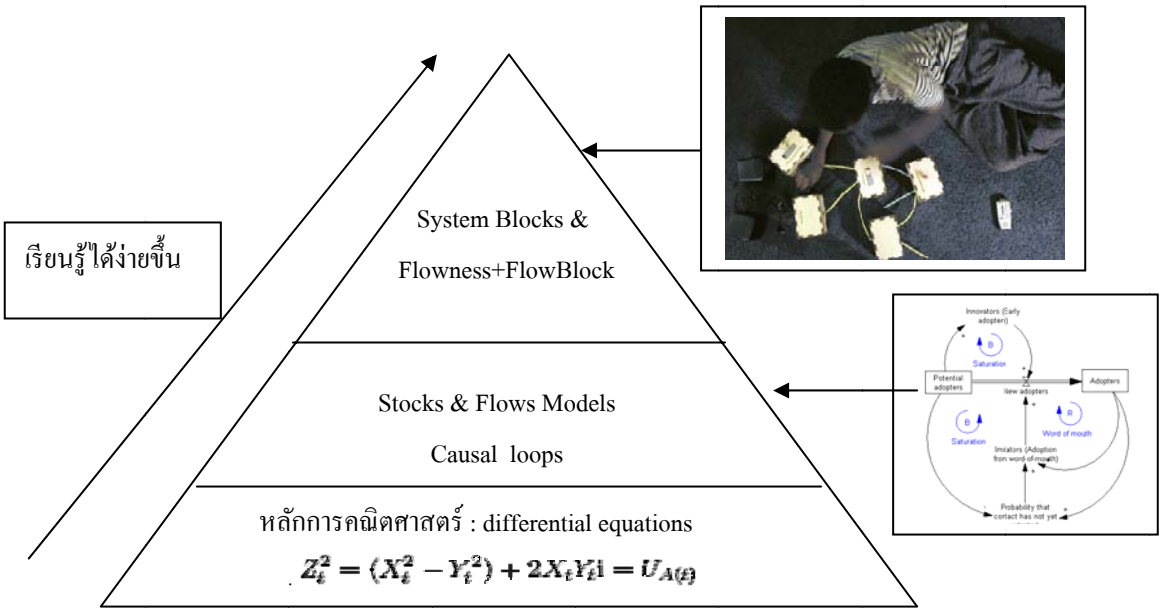
ผู้วิจัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงของโลกมีความซับซ้อนและเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา มนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของโลกใบนี้ จึงมีความเกี่ยวข้องกับความซับซ้อนและความเปลี่ยนแปลงนี้ มนุษย์มีความสัมพันธ์กับระบบพลวัตร (dynamic system) ต่างๆ มากมายในชีวิตประจำวัน เช่น ระบบอุตสาหกรรม ระบบเครื่องจักร ระบบนิเวศวิทยา ระบบการตลาด ระบบสังคม ฯลฯ โดยทุกสิ่งทุกอย่างเกี่ยวข้องกันอย่างเป็นระบบ ซึ่งระบบต่างๆ เหล่านี้ยากที่จะเข้าใจ ผลงานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่า มนุษย์มีความเข้าใจน้อยเกี่ยวกับระบบซึ่งมีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Resnick,1994; Sterman, 1994; Booth-Sweeney, 2000) (Zukerman, 2007)

ที่ผ่านมาได้มีความพยายาม ทำความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมระบบพลวัตรของสิ่งต่าง ๆ โดย Norbert Weiner (1948) ได้นำเสนอเครื่องมือในการเข้าถึงและทำความเข้าใจ โดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า สมการดิฟเฟอเรนเชียล (differential) ในการเข้าถึงและอธิบายพฤติกรรมเกี่ยวกับระบบพลวัตร หลักการทางคณิตศาสตร์ของ Norbert Weiner เป็นสิ่งที่ทำความเข้าใจยากสำหรับเด็กและผู้เริ่มต้น ต่อมา Jay Forrester (1961) ได้แสดงให้เห็นวิธีการในการศึกษาพฤติกรรมระบบอุตสาหกรรม โดยแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมในระบบโรงงานอุตสาหกรรมโครงสร้างในการตัดสินใจ และความล่าช้า (delays) มีอิทธิพลต่อการเติบโตและเสถียรภาพของระบบอุตสาหกรรม โดย Jay Forrester ได้นำเสนอเครื่องมือที่เรียกว่า Stocks & Flows และ Causal-Loops ในการทำความเข้าใจระบบอุตสาหกรรม เครื่องมือของ Jay Forrester ยังเป็นสิ่งที่เรียนรู้และเข้าใจยากสำหรับเด็กและผู้เริ่มต้นเช่นเดียวกัน จนกระทั่ง Zukerman (2004, 2007) ได้นำเสนอเครื่องมือที่ง่ายสำหรับการเรียนรู้ มโนทัศน์เกี่ยวกับระบบ โดยได้นำเสนอ System Block และ Flowness+FlowBlock การเข้าถึงและทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบพลวัตรมีความง่ายขึ้นแต่ยังจำเพาะอยู่ในการศึกษาและเข้าใจระบบอุตสาหกรรมโดยพัฒนาต่อจาก Jay Forrester ที่ผ่านมามีการวิวัฒนาการแสดงดังภาพที่ 1.1

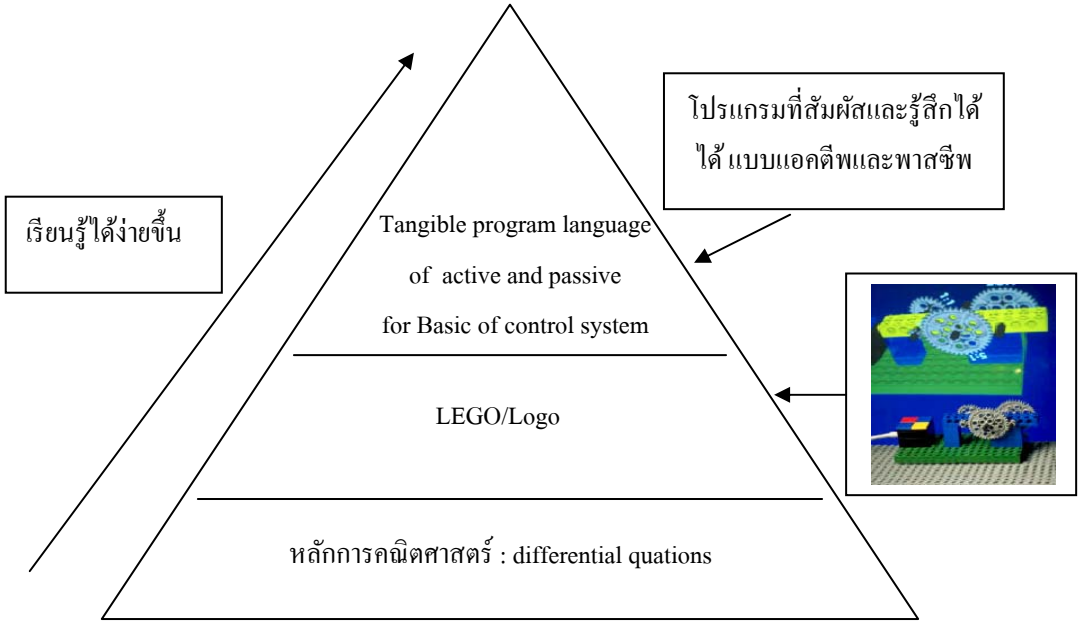


ภาพที่ 1.1 แสดงวิวัฒนาการของเครื่องมือในการเข้าถึงและเข้าใจระบบพลวัตรในองค์กรและอุตสาหกรรม

ที่มา: ดัดแปลงจาก (Zukerman, 2007)

สำหรับการเข้าถึงและทำความเข้าใจระบบควบคุมทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์หลักการคณิตศาสตร์ของ Norbert Weiner ยังคงเป็นเครื่องมือที่ดีสำหรับการเข้าถึงและทำความเข้าใจ แต่เป็นสิ่งที่ยากสำหรับเด็กและผู้เริ่มต้น Resnick (1992) Martin (1994) ได้ทำการพัฒนา LEGO/Logo เพื่อให้เด็กหรือผู้เริ่มต้นเข้าใจพฤติกรรมการทำงานของหุ่นยนต์และการออกแบบทางด้านวิศวกรรม แต่ LEGO/Logo ยังมีความยากต่อการทำความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ระบบควบคุมทางด้านวิศวกรรมเนื่องจากการโปรแกรมหุ่นยนต์ยังเป็นการโปรแกรมที่ซับซ้อนและระบบแสดงผลยังคงมีรูปแบบ GUI ใน เท็กโหมดและกราฟฟิกส์โหมด ไม่สามารถสัมผัสและจับต้องได้ ซึ่งการเข้าถึงสำหรับเด็กหรือผู้เริ่มต้นยังคงยาก ทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวคิดที่ต้องการวิจัยแนวทางในการเข้าถึงองค์ความรู้ในด้านนี้ซึ่งปัจจุบัน การเข้าถึงองค์ความรู้ในด้านนี้จะมีการสอนและการศึกษาในระดับวิทยาลัย และมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นการศึกษาในระบบ แต่สำหรับผู้คนจำนวนมากที่ไม่มีโอกาสศึกษา จึงเป็นการเสียโอกาสที่จะได้เข้าใจและเข้าถึงแนวคิดของระบบพลวัตรต่างๆ ที่กล่าวถึงข้างต้นหรือระบบการควบคุมทางด้านวิศวกรรม อีกทั้งเป็นสิ่งที่น่าเสียดายที่เด็กหรือผู้เริ่มต้นสามารถที่จะเรียนรู้สิ่งเหล่านี้ได้จากผลงานวิจัยของ Papert (1980, 1991), Resnick (1992), Octave (1990), Martin (1988) ซึ่งพบว่าเด็กสามารถเรียนรู้ระบบทางด้านวิศวกรรมได้ โดยเฉพาะทางด้านระบบการควบคุม

และหุ่นยนต์เพียงแต่ค้นหาเครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสม ทำให้เด็กหรือผู้เริ่มต้นสามารถเข้าถึง สามารถทำความเข้าใจ ระบบพลวัตรต่าง ๆ หรือระบบควบคุมทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่ซับซ้อนได้ ไม่มีโอกาสที่จะได้ศึกษาและทำความเข้าใจ วิวัฒนาการในการหาวิธีการในการเข้าถึงองค์ความรู้ทางด้านระบบควบคุมพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมแสดงดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 แสดงวิวัฒนาการเข้าถึงและเข้าใจระบบควบคุมพื้นฐานบนสุดคือแนวคิดในงานวิจัยนี้

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ ซึ่งพัฒนาให้มนุษย์สามารถเข้าสู่โลกดิจิตอลโดยการสัมผัสและรู้สึกได้ โดยปราศจากคีย์บอร์ด เมาส์ และจอภาพ โดยอาศัยความสามารถในการเรียนรู้ของมนุษย์ในการสัมผัสและจัดกระทำ (manipulation) มาใช้ในการเข้าถึงองค์ความรู้และโลกไซเบอร์ อีกทั้งทำให้วัตถุต่าง ๆ มีความฉลาดมากขึ้นทำให้มนุษย์สามารถเข้าถึงองค์ความรู้และเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้มากขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของเทคโนโลยีนี้มาใช้ในการสร้างโปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับการเข้าถึงและเรียนรู้ระบบควบคุมเบื้องต้นและใช้ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมในการศึกษาการเรียนรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งเดิมมีครูผู้สอน และการศึกษามีเพียง จอภาพ คีย์บอร์ดและเมาส์ เปลี่ยนเป็นการศึกษาที่ไม่มีครูผู้สอน สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ ครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำเท่านั้น ความรู้ต่าง ๆ ผู้เรียนจะเป็นผู้สร้างมโนทัศน์เอง โดยในงานวิจัยนี้จะวิจัยใน 2 รูปแบบ

คือ1)โปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ (active) ซึ่งโปรแกรมภาษาจะมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อยู่ภายใน 2) โปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพ (passive) โปรแกรมภาษาจะไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อยู่ภายใน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อสร้างโปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพและแอคตีพสำหรับการสร้างความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับระบบควบคุม
2. เพื่อศึกษาการสร้างความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับระบบควบคุมเบื้องต้นโดยโปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้ แบบพาสซีพและแอคตีพ
3. เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกันเกี่ยวกับระบบควบคุมเบื้องต้นด้วยตนเอง โดยโปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้ แบบพาสซีพและแอคตีพ
4. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีในการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยโปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพและแอคตีพ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. โปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้ที่สร้างขึ้นมี 2 ลักษณะ คือ 1) โปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพ (passive tangible program) 2)โปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบ แอคตีพ (active tangible program)
2. โปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้ สามารถสร้างความรู้ระบบควบคุมพื้นฐานได้ 3 รูปแบบคือ 1) ระบบควบคุมด้วยมือ (manual control system) 2) ระบบควบคุมแบบลูปเปิด (open-loop) และ 3) ระบบควบคุมแบบลูปปิด (close-loop)
3. วัสดุที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้ หาได้ภายในประเทศ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นต้นแบบของการพัฒนานวัตกรรมในการสร้างและเข้าถึงความรู้ตรรกะการเขียนโปรแกรมตัวอย่างของการพัฒนาภายใต้แนวคิดการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ (Tangible Use

Interfaces (TUI)) การจัดกระทำดิจิทัล (digital manipulatives) การเรียนรู้จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม และแนวคิดการเขียนโปรแกรมและ ตรรกะการเขียนโปรแกรม

2. เป็นการสร้างแนวคิดการโปรแกรมสิ่งต่าง ๆ โดยปราศจากการใช้คอมพิวเตอร์ (คีย์บอร์ด เมาส์ และจอภาพ) ในการเขียนโปรแกรมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเด็กหรือผู้ใหญ่ที่เริ่มต้นศึกษาโปรแกรมก่อนจะพัฒนาสู่การเขียนโปรแกรมด้วยคอมพิวเตอร์เต็มรูปแบบ

1.5 คำนิยามศัพท์

โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ หมายถึง เครื่องมือสำหรับการสร้างความรู้ด้วยตนเองในการเรียนรู้ตรรกะการเขียนโปรแกรม

โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ แบบแอคตีพ หมายถึง โปรแกรมที่จับต้องได้โดยภายในโปรแกรมมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ แบบพาสซีพ หมายถึง โปรแกรมที่จับต้องได้โดยภายในโปรแกรมไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ผู้ใช้งาน หมายถึง นักเรียนหรือนักศึกษาในระดับ อนุบาล ประถมศึกษา อาชีวศึกษา และอุดมศึกษา ที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์มาก่อน

1.6 การจัดเนื้อหาของการวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 5 บทดังนี้

บทที่ 1 แสดงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา การเปลี่ยนแปลงของโลกมีความซับซ้อนและเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา มนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของโลกใบนี้ จึงมีความเกี่ยวข้องกับความซับซ้อนและความเปลี่ยนแปลง มนุษย์มีความสัมพันธ์กับระบบพลวัตร (dynamic system) ต่าง ๆ มากมายในชีวิตประจำวัน ผลงานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่า มนุษย์มีความเข้าใจน้อยเกี่ยวกับระบบซึ่งมีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ที่ผ่านมาได้มีความพยายาม ทำความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมระบบพลวัตรของสิ่งต่าง ๆ วิธีการต่าง ๆ เป็นวิธีการที่ยากสำหรับผู้เริ่มต้นที่จะเข้าใจ

เช่นเดียวกับการเข้าถึงและทำความเข้าใจในระบบควบคุมทางด้านวิศวกรรมที่ผ่านมามีความพยายามที่จะอธิบายด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งวิธีการเหล่านี้ยังเป็นสิ่งยากสำหรับผู้เริ่มต้นที่จะศึกษาและใช้งานโดยวิธีการส่วนมากถูกออกแบบมาสำหรับผู้เชี่ยวชาญ งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบวิธีการที่ง่ายสำหรับผู้เริ่มต้นในการเข้าถึงและทำความเข้าใจในระบบควบคุมพื้นฐาน ที่สามารถทำความเข้าใจโดยการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

บทที่ 2 แนะนำเกี่ยวกับแนวคิดทฤษฎี โดยเริ่มต้นแนะนำเกี่ยวกับการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ การจัดกระทำและการเรียนรู้ และระบบควบคุมพื้นฐาน

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย ได้แบ่งการวิจัยเป็น 3 ระยะคือ 1) การสร้างและการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ใน 3 กรณีศึกษา 2) การสร้างความรู้ด้วยตนเองและการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน 3) การถ่ายทอดเทคโนโลยีโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

บทที่ 4 ผลการวิจัย ได้นำเสนอผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล 2 กรณีศึกษา คือ 1) โปรแกรมที่สัมพันธ์และรู้สึกได้แบบแอคตีพได้แก่ โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับงานควบคุมหุ่นยนต์ และโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับการควบคุมในงานอุตสาหกรรม 2)โปรแกรมที่สัมพันธ์และรู้สึกได้แบบพาสซีพได้แก่ โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับงานควบคุมหุ่นยนต์ โดยทั้ง 2 รูปแบบได้ศึกษา การสร้างความรู้ด้วยตนเอง การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน และ การถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้ให้กับผู้สนใจ

บทที่ 5 สรุปผล วิจารณ์ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ เป็นการสรุปและวิจารณ์ถึงองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในการนำแนวคิดและองค์ความรู้ใหม่นี้ไปใช้ในการพัฒนางานในอนาคต

บทที่ 2
ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

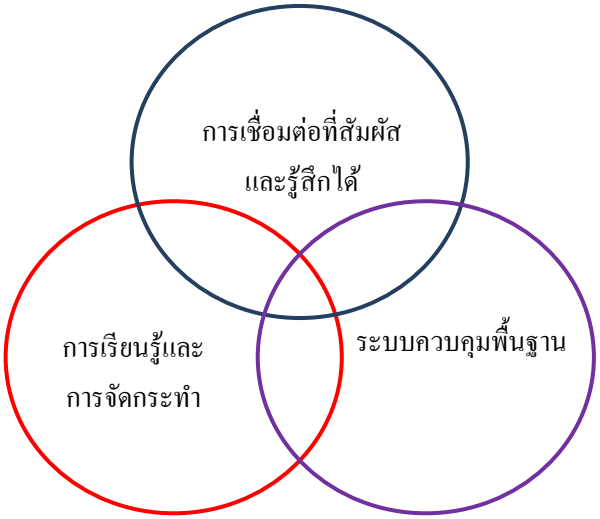
งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด หลักการทางทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องใน 3 กรอบแนวคิดทฤษฎีหลัก ดังภาพที่ 2.1

2.1 การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้

2.2 การเรียนรู้และการจัดกระทำ

2.3 ระบบควบคุมพื้นฐาน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

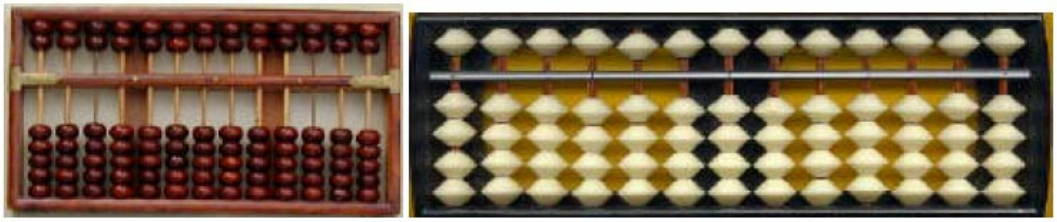


ภาพที่ 2.1 แสดงกรอบแนวคิดทฤษฎี

2.1 การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้

การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ (Tangible Use Interfaces (TUIs)) เป็นความพยายามที่จะเข้าสู่โลกดิจิทัลด้วยการสัมผัสและจับต้องข้อมูลข่าวสารดิจิทัลโดยตรง ซึ่งปัจจุบันการเข้าสู่โลกดิจิทัลนั้นจะใช้จอภาพคอมพิวเตอร์แสดงผลในรูปแบบเสมือนจริง (visual) และใช้เมาส์ในการปฏิสัมพันธ์ระยะไกล ซึ่งระบบการใช้งานในปัจจุบันนี้เรียกว่า ระบบส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (Graphical User Interfaces (GUIs)) โดยผู้ใช้ไม่ได้สัมผัสกับโลกดิจิทัลโดยตรงแต่จะสัมผัสผ่าน จอภาพ เมาส์

หรือคีย์บอร์ด การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ จึงทำการขจัดข้อจำกัดนี้โดยให้ผู้ใช้สามารถเข้าสู่โลกดิจิทัลได้โดยตรงและจับต้องได้ ตัวอย่างอุปกรณ์ที่แสดงแนวคิดพื้นฐานนี้ คือ ลูกคิด ที่อินพุทกับเอาท์พุตอยู่ในที่เดียวกัน แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงลูกคิดแนวคิดพื้นฐานของการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้
ที่มา : Ullmer, 2002

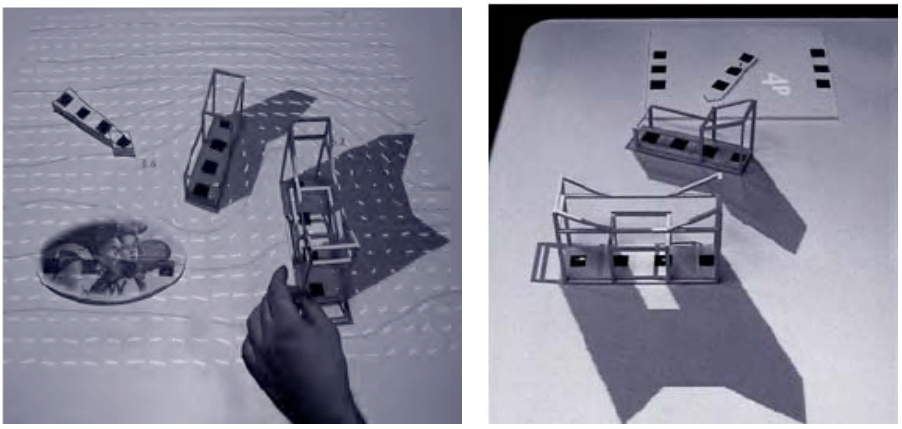
2.1.1 การวิวัฒนาการจาก CUI สู่ TUI

มนุษย์มีการพัฒนาความเชี่ยวชาญ เกี่ยวกับประสาทสัมผัสและการจัดกระทำกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพรอบตัวมายาวนาน อย่างไรก็ตามทักษะมากมายไม่ได้พัฒนาในการปฏิสัมพันธ์กับโลกดิจิทัล ทุกวันนี้การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ ได้สร้างทักษะและสถานการณ์ที่จะสามารถสัมผัสกับข้อมูลข่าวสารทางด้านดิจิทัลทางกายภาพ (pysical) เป็นการออกแบบที่ขยายขอบเขตจากวัตถุที่จับต้องได้ไปยังเขตแดนของโลกดิจิทัล (digital world)

ปัจจุบันการปฏิสัมพันธ์กับข้อมูลข่าวสารทางด้านดิจิทัลนิยมใช้ระบบกราฟิกในการเชื่อมต่อ ตัวอย่างที่มีให้เห็นทั่ว ๆ ไป ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ ไอโฟน ไอแพด เป็นต้น ระบบ GUI เริ่มต้นขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 และบริษัทที่นำระบบนี้มาใช้ในทางการค้า คือ Xerox8010 ในปี ค.ศ. 1981 และมีบริษัทที่ประสบความสำเร็จ คือ บริษัทแอปเปิลและบริษัทไมโครซอฟต์ ซึ่งระบบ GUI กลายเป็นมาตรฐานสำหรับศาสตร์ของการปฏิบัติสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์จนทุกวันนี้ ระบบ GUI แสดงข้อมูลข่าวสารโดยใช้พิกเซลล์ (pixel) บนจอภาพกราฟิกซึ่งสามารถจัดกระทำและควบคุมด้วย เมาส์ คีย์บอร์ด ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อและแสดงผลจากการควบคุมผ่านอุปกรณ์อินพุท GUI ได้เตรียมความหลากหลายสำหรับการแสดงผลแบบกราฟิกต่าง ๆ โดยการแสดงภาพด้วยจุดและทำการคลิกด้วยเมาส์เพื่อปฏิสัมพันธ์ GUI มีการพัฒนามาจาก CUI (Comnand-User-Interfec) ซึ่งเป็นการพิมพ์ตัวอักษรเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามการปฏิสัมพันธ์

กับพิกเซลล์บนจอภาพ ในระบบ GUI มีข้อจำกัดโดยไม่ได้เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ปฏิบัติกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพด้วยการสัมผัสและรู้สึกได้ แต่ระบบ GUI สามารถเข้าถึงได้โดยการใช้อุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท ได้แก่ จอมอนิเตอร์ เมาส์ และคีย์บอร์ด โดยมีระบบปฏิบัติการเช่น วินโดว์เป็นตัวดำเนินการให้ ซึ่งไม่สามารถเข้าถึงได้อย่างสมบูรณ์จากการปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในทางกายภาพ (โลกอะตอม) เมื่อปฏิสัมพันธ์กับโลกดิจิทัล GUI ไม่สามารถใช้ข้อดีของทักษะมนุษย์ที่ถนัดและเชี่ยวชาญที่พัฒนาต่อเนื่องที่ผ่านมา

สำหรับการจัดกระทำกับวัตถุที่หลากหลาย ได้แก่ การจัดกระทำในการสร้างบล็อกหรือความสามารถในการปรับแต่งรูปแบบของดินน้ำมันหรือโคลน หรือ ดินเหนียว เทคโนโลยีการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ พยายามที่จัดกระทำกับสิ่งเหล่านี้ในโลกดิจิทัลด้วยเช่นกัน เพื่อให้มนุษย์สามารถจับต้องวัตถุเหล่านี้ได้ โดยมาทดแทนการสัมผัสโลกเสมือนจริงจากจอมอมิเตอร์ เมาส์ และคีย์บอร์ด แนวคิดหลักของระบบ TUI คือ การกระทำในรูปแบบทางกายภาพเพื่อเข้าไปสู่ข้อมูลข่าวสารดิจิทัล ด้วยรูปแบบทางกายภาพ ซึ่งจะสามารถแสดงและการควบคุมสำหรับโลกดิจิทัลได้ TUI ทำการกระทำกับข้อมูลข่าวสารดิจิทัลโดยตรงด้วยสองมือของมนุษย์ และการสัมผัสได้ผ่านประสาทสัมผัสของมนุษย์โดยสัมผัสโดยตรงกับข้อมูลข่าวสารดิจิทัลนั้น TUI เป็นการปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบวัตถุประสงค์เฉพาะสำหรับการใช้รูปแบบทางกายภาพ ขณะที่ GUI มีวัตถุประสงค์ทั่วไปในการเชื่อมต่อโดยเครื่องมือที่ใช้ คือ จอภาพ โดยการใช้พิกเซลในการแสดงผล TUI คือ ทางเลือกหนึ่งที่แตกต่างจาก GUI ซึ่งเป็นมาตรฐานในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารดิจิทัลในปัจจุบัน การแสดงมโนทัศน์พื้นฐานของ TUI ได้แนะนำ Urp (Urban Planning Workbench) ซึ่งเป็นตัวอย่างของ TUI ในระยะเริ่มต้นซึ่งกลุ่ม Tangible Media Lab ที่ห้องปฏิบัติการ MIT Media Lab ได้ออกแบบ Urp สำหรับรูปแบบทางกายของสถาปัตยกรรม โดยการจำลองสภาพเงา การสะท้อนของแสง การไหลเวียนของอากาศ ดังภาพที่ 2.3 ในการเพิ่มรูปแบบของสิ่งก่อสร้าง Urp เป็นการเตรียมการปฏิสัมพันธ์ที่หลากหลายในการเข้าถึงและควบคุมพารามิเตอร์สำหรับการจำลองสิ่งก่อสร้าง โดยมีเครื่องมือประกอบด้วย clock tool สำหรับการเปลี่ยนแปลงผิวสิ่งก่อสร้างระหว่างก้อนอิฐและแก้วกับแสงไฟสะท้อน wind tool สำหรับการเปลี่ยนแปลงทิศทางลมและวัดความเร็วลม



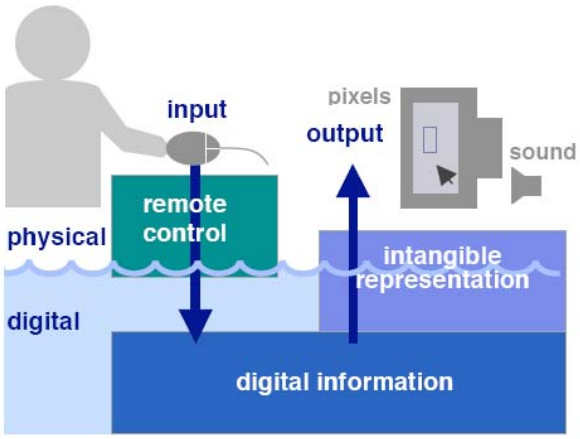
ภาพที่ 2.3 แสดง Urp รูปแบบทางกายภาพสำหรับสถาปัตยกรรม
ที่มา : Ishii, 2008

ในรูปแบบของ Urp เป็นการจำลองลักษณะการก่อสร้างโดยแสดงในรูปแบบดิจิทัลสำหรับสิ่งก่อสร้างนั้น การเปลี่ยนแปลงพื้นที่และกำหนดทิศทางสำหรับสิ่งก่อสร้าง ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจและทำได้ด้วยการเคลื่อนย้ายรูปแบบต่าง ๆ ได้ด้วยสองมือโดยตรง ซึ่งต่างจากการใช้เมาส์หรือคีย์บอร์ดซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายสิ่งก่อสร้างที่เป็นภาพบนจอภาพ ด้วยการคลิกเมาส์หรือพิมพ์ด้วยคีย์บอร์ด รูปแบบการแสดงข้อมูลของ Urp สามารถแสดงข้อมูลข่าวสารบนโต๊ะและสามารถเคลื่อนย้ายวัตถุและควบคุมด้วย สองมือได้สำหรับการจำลองลักษณะปรากฏการต่าง ๆ ของสถานการณ์ TUI จะเตรียมการเชื่อมต่อที่แยกระหว่างการแสดงผลและการควบคุม ในการแสดงมิติของสิ่งก่อสร้างและพื้นที่ในการแสดงและควบคุมวัตถุอย่างเป็นรูปธรรม และสามารถจับต้องได้ด้วยสองมือ ในการจำลองพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายใต้การจำลองทางด้านดิจิทัล ใน Urp รูปแบบสิ่งก่อสร้างและเครื่องมือปฏิสัมพันธ์มี 2 รูปแบบ คือ 1) การแสดงทางข้อมูลดิจิทัลในรูปแบบจับต้องได้ เช่น มิติของเงา และความเร็วของลม 2) การควบคุมการแสดงผลด้วย วัตถุที่จับต้องได้ ภายใต้การจำลองต่าง ๆ ของวัตถุ อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถแสดงผลและควบคุมการแสดงผลแบบดิจิทัลได้ (Ishii, 2008)

2.1.2 ความแตกต่างของระบบ GUI และ TUI

กระบวนทัศน์ของ GUI ในปัจจุบัน ซึ่งผู้ใช้สามารถปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ระยะไกลอุปมาอุปมัย โลกดิจิทัลเปรียบเสมือนเป็นทะเล ส่วนชายฝั่งที่เป็นพื้นดินเปรียบเสมือนโลกอะตอม ข้อมูลข่าวสารดิจิทัลเปรียบเสมือนพื้นน้ำทะเลด่านล่าง ส่วน เมาส์ จอภาพ และ ลำโพง เปรียบเสมือน

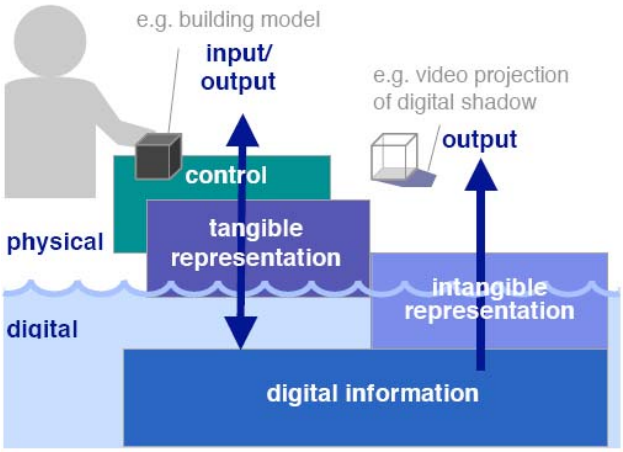
วัตถุที่อยู่เหนือน้ำ ผู้ใช้สามารถปฏิสัมพันธ์ควบคุมระยะไกลด้วยเมาส์และปฏิสัมพันธ์กับดิจิทัล โดยใช้จอภาพแสดงผลเป็นพิกเซล (pigxel) และแสดงเสียงด้วยลำโพง ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงกระบวนทัศน์ของระบบ GUI

ที่มา : Ishii, 2008

สำหรับระบบ TUI มีความแตกต่างจาก GUI ที่การแสดงผลในรูปแบบที่สัมผัสและรู้สึกได้ และมีการควบคุมโดยตรงด้วยการสัมผัสและรู้สึกได้กับข้อมูลข่าวสารดิจิทัล โดยการแสดงข้อมูลข่าวสาร ทั้งแบบที่สัมผัสและรู้สึกได้กับรูปแบบเสมือนจริง (visual) ผู้ใช้สามารถควบคุมได้โดยตรงภายใต้การแสดงข้อมูลดิจิทัลด้วย 2 มือ



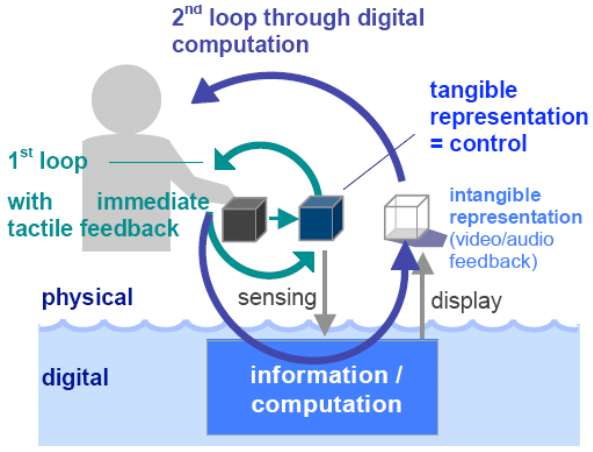
ภาพที่ 2.5 แสดงกระบวนทัศน์ของระบบ TUI

ที่มา : Ishii, 2008

ภาพที่ 2.5 แสดงแนวความคิดหลักของระบบ TUI ที่แสดงภาพให้เห็นการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้โดยผู้ใช้งานสามารถจัดกระทำกับอินพุทได้โดยตรงในการควบคุมวัตถุ (building model) และการแสดงผล ซึ่งจะแสดงผลใน 2 ลักษณะ คือ 1) การแสดงผลที่จับต้องได้ (tangible representation) ได้แก่ บล็อก รูปแบบสิ่งก่อสร้าง (จากตัวอย่าง Urp ภาพที่ 2.3) และ 2) การแสดงผลที่จับต้องไม่ได้ (intangible representation) ได้แก่ โปรเจ็คเตอร์ ในการทำงานกรณีของ Urp เมื่อวางรูปแบบสิ่งก่อสร้าง ผู้ใช้งานสามารถควบคุมโดยการเคลื่อนย้ายสิ่งก่อสร้าง และการแสดงผลจะแสดงจากภาพที่เกิดจากโปรเจคเตอร์ ที่แสดงการทำงานของสภาพการณ์ต่าง ๆ

2.1.3 การทำงานของ TUI

Ishii (2008) ได้อธิบายระบบการทำงานของ TUI มีการทำงานอยู่ 2 รูปแบบ คือ 2 วง (loop) และ 3 วง การทำงานของ 2 วง แสดงภาพที่ 2.6 โดยจะเริ่มจากการที่ผู้ใช้เคลื่อนย้ายวัตถุซึ่งเป็นวงแรก วัตถุจะมีการส่งสัญญาณ (sensing) ไปยังคอมพิวเตอร์และทำการแสดงผลโดยภาพที่ส่งมาจากโปรเจ็คเตอร์และแสดงผลด้วยเสียงจากลำโพงซึ่งเป็นวงที่ 2 การทำงานจะแตกต่างจากการทำงานของระบบ GUI ที่แยกกันระหว่างอินพุตและเอาท์พุต แต่สำหรับระบบ TUI อินพุตและเอาท์พุตจะอยู่ในที่เดียวกัน

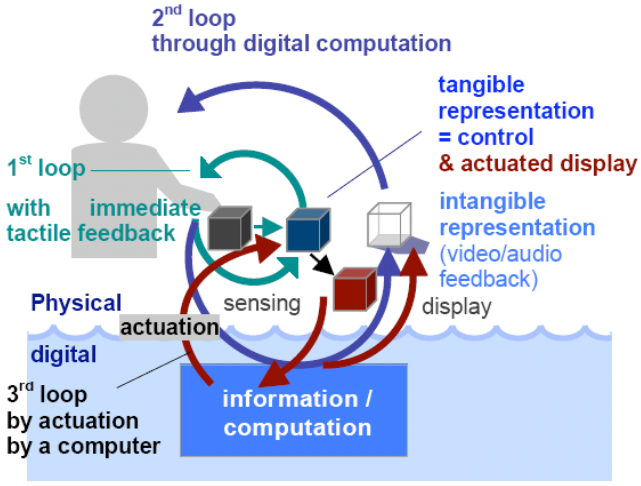


ภาพที่ 2.6 แสดงกระบวนทัศน์ของระบบ TUI 2 วง

ที่มา : Ishii, 2008

สำหรับการทำงานในลักษณะที่ 2 แสดงดังภาพที่ 2.7 เป็นการทำงานที่เพิ่มเติมจากกรณีแรกที่การทำงานจะมีเพียง 2 วง คือ การใช้งานของผู้ใช้จะมีผลทำให้การปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ ซึ่งวัตถุจะมีการ

ส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ และการกระทำของผู้ใช้จะมีผลทำให้เกิดการแสดงผลด้วยภาพและเสียง กรณีที่ 2 เพิ่มเติมวงที่สามเข้าไปอีก โดยในกรณีแรกนั้นผู้ใช้จะต้องจัดกระทำกับวัตถุโดยการเคลื่อนย้ายวัตถุ แต่กรณีที่สอง คอมพิวเตอร์สามารถที่จะเคลื่อนย้ายวัตถุ (actuation) ในการแสดงผลได้ ทำให้การแสดงผลนอกจากจะเป็นภาพจากโปรเจคเตอร์และลำโพงแล้ว ยังสามารถแสดงผลการเคลื่อนย้ายวัตถุได้ ซึ่งการกระทำนี้ คือ วงที่ 3



ภาพที่ 2.7 แสดงกระบวนทัศน์ของระบบ TUI 3 วง

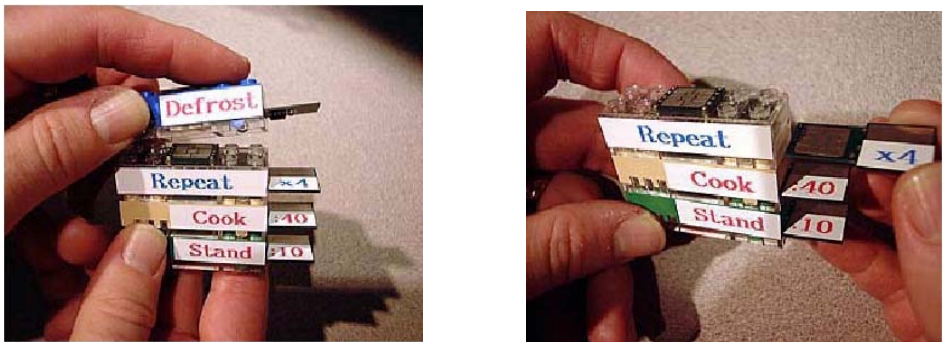
ที่มา : Ishii, 2008

2.1.4 โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

โปรแกรมในรูปแบบนี้จะมีการเข้าถึงและใช้งานในลักษณะแบบ Enactive ตามแนวคิดของ Bruner ซึ่งโปรแกรมได้พัฒนาในระยะเริ่มต้น ในปี ค.ศ. 1995 โดย Suzuki และ Kato เป็นผู้ใช้คำว่าโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ (tangible programming) โดยได้สร้าง AlgoBlock ที่เป็นอลูมิเนียมบล็อกที่สามารถเชื่อมต่อกันได้บนโต๊ะดังภาพที่ 2.8 AlgoBlock ใช้แนวคิดภาษาโลโก้ในการใช้งานแต่ละบล็อกแทนด้วยคำสั่ง และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ควบคุมผ่านสวิตซ์กด ที่อยู่ภายในบล็อก แต่ละบล็อกจะมีไฟแสดงผลสภาวะและมีสวิตซ์กดเมื่อสั่งให้ทำงาน ในการทำงานเมื่อมีการกดสวิตซ์ให้ทำงาน บล็อกจะส่งข้อมูลซึ่งเป็นคำสั่งพร้อมค่าพารามิเตอร์ไปยังบล็อกถัดไปทำอย่างนี้ไปจนกระทั่งหมดบล็อกและมีการแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 2.8 แสดง AlgoBlock
ที่มา : Suzuki and Kato, 1995

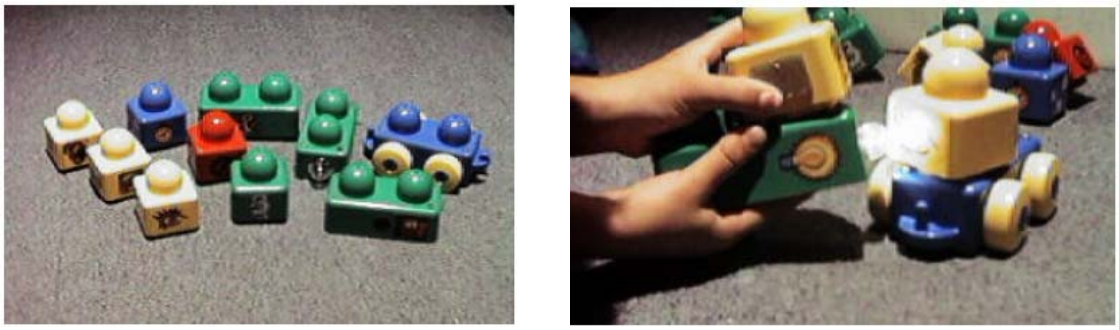
ปี ค.ศ. 2000 McNerney ได้พัฒนาโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ ซึ่งเรียกว่า Tangible Programmable Bricks เป็นโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ที่ใช้ในการควบคุมเตาไมโครเวฟที่เลียนแบบภาษาระดับสูง เช่น ภาษาซี ปาสกาล แสดงลักษณะของโปรแกรมดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แสดงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในการควบคุมเตาไมโครเวฟ
ที่มา : McNerney, 2000

ปี ค.ศ. 2003 อิเล็กทรอนิกส์บล็อก (electronics block) ถูกพัฒนาโดย Wyeth and Wyeth (2003) โดยแนวคิดของอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเป็นการจัดทำบล็อกที่ภายในเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถวางต่อซ้อนกันได้ โดยจะทำให้เด็กเกิดแนวคิดเกี่ยวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยแต่ละบล็อกมีความสามารถและหน้าที่ที่ต่างกัน โดยบล็อกจะเป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท การออกแบบ

อิเล็กทรอนิกส์บล็อก บนฐานความเชื่อที่ว่า วิธีที่จะขยายความเข้าใจอย่างลึกซึ้งจะต้องสร้างสรรค์มัน อิเล็กทรอนิกส์บล็อกสามารถสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์โปรแกรม (programmable artefacts) และสังเกตผลของพฤติกรรมแบบพลวัตร (dynamic behaviours)ในการพัฒนาอิเล็กทรอนิกส์บล็อกมี 2 เป้าหมาย คือ พัฒนาและสร้างสรรค์แหล่งเรียนรู้ทางเทคโนโลยีสำหรับเด็ก สร้างสรรค์แหล่งเรียนรู้แบบพลวัตรสำหรับการเข้าใจแนวคิดในการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป้าหมายแรกของอิเล็กทรอนิกส์บล็อก จะเน้นไปที่การแนะนำเทคโนโลยีสำหรับเด็กในการพัฒนาโอกาส และแนวคิด เด็กรู้ได้อย่างไรกับการเล่นกับวัตถุ เขาสำรวจอย่างไร กระทำกับวัตถุอย่างไร อิเล็กทรอนิกส์บล็อก ออกแบบและสร้างสรรค์กิจกรรมที่ทำให้เด็กเข้าถึงการเล่นกับวัตถุ เป้าหมายที่สอง คือการสร้างสรรค์แหล่งเรียนรู้ที่เป็นพลวัตร และ การโปรแกรมที่ซับซ้อน อิเล็กทรอนิกส์บล็อกออกแบบให้เด็กมีกิจกรรมปฏิสัมพันธ์กับการโปรแกรมกิจกรรม ซึ่งคือสภาพจริง เด็กเกิดแนวคิดเกี่ยวกับการโปรแกรม และควบคุม โดยจัดกระทำและถ่ายโยงไปยังวัตถุจริงแสดงดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แสดงการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์บล็อก
ที่มา : Wyeth and Wyeth, 2003

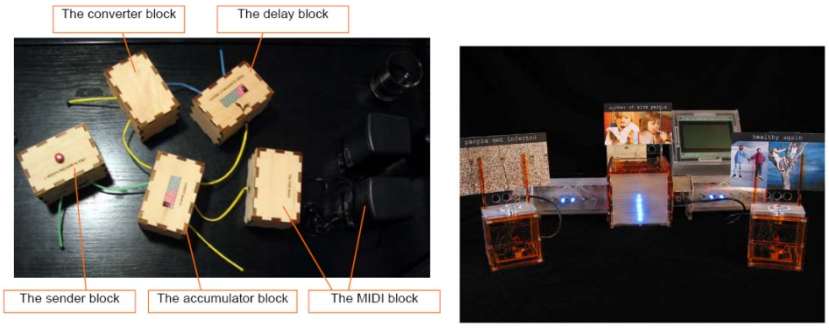
ปี ค.ศ. 2004 ซิสเทิมบล็อก (system block) พัฒนาโดย Zuckerman and Resnick ซึ่งมีแนวคิดมาจากนักคิดในสาขาทางด้านการศึกษาและทฤษฎีความรู้ (education/epistemology) แสดงดังภาพที่ 2.30 ซึ่ง แนวคิดมาจาก Friedrich Froebel ผู้สร้างสรรค์งานสำหรับเด็กอนุบาล ในประเทศเยอรมัน เมื่อปี ค.ศ. 1837 Froebel ได้นำวัตถุมาให้เด็กได้เล่น โดยเขาได้พัฒนาของขวัญที่จะให้เด็กเล่น 20 ชิ้น ประกอบไปด้วย ลูกบอล บล็อกสำหรับเด็กเล็ก Froebel ได้ออกแบบของขวัญเพื่อช่วยให้เด็กเล็กเข้าใจรูปแบบต่าง ๆ ในธรรมชาติได้ Maria Motessori ได้ขยายแนวคิดของ Froebel โดยได้พัฒนาวัตถุสำหรับเด็กที่มีอายุมากขึ้น ในการที่จะสร้างสรรค์การศึกษาสำหรับประสาทสัมผัส Motessori ได้พัฒนาวัตถุใหม่และกิจกรรมใหม่เพื่อช่วยให้เด็กพัฒนาความสามารถทางประสาทสัมผัส Motessori หวังว่าวัตถุของเขาจะสามารถช่วยให้เด็กควบคุมกระบวนการเรียนรู้ ผ่านการสำรวจและสืบสอบได้

Jean Piaget ได้เตรียมสำหรับหลักการทฤษฎีด้านความรู้สำหรับแนวคิดทางการศึกษา ทฤษฎีของ Jean Piaget เด็กจะสร้างทฤษฎีของเขาเองผ่าน Concrete operations ก่อนที่จะเข้าสู่ Formal operations Symour Papert ได้เสนอทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าความรู้จะเกิดขึ้นได้จะต้องลงมือสร้างหรือทำเอง และงานวิจัยทางด้านของระบบพลวัตร (system dynamics) งานด้านระบบพลวัตร (system Dynamics) เป็นแนวคิดและพัฒนาโดย Forrester JW ที่พัฒนาแนวคิดมาจากงานทางด้านวิศวกรรมควบคุมแต่นำมาใช้ในงานด้านสังคมศาสตร์ (Zuckerman, 2004) ซิสเทิมบล็อกประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 กลุ่ม คือ

1) โครงสร้างพื้นฐาน (infrastructure) ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และการออกแบบโครงสร้างบล็อก

2) บล็อกพฤติกรรม (behaviors block) ประกอบไปด้วยทฤษฎีและหลักการของระบบพลวัตรและสมการในแต่ละบล็อก ดังนี้ บล็อกส่งข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (discrete sender block) บล็อกส่งข้อมูลแบบต่อเนื่อง (continuous sender block) บล็อกสะสม (accumulator block) บล็อกการคูณ (multiplier block) บล็อกการบวก (addition block) และบล็อกการลบ (subtraction block)

3) บล็อกแสดงผล (representation block) เป็นบล็อกการแสดงผลที่หลากหลายเพื่อยกระดับการเรียนรู้ของเด็กประกอบด้วย แสดงผลดิจิทัล (digital display) แสดงผลด้วยกราฟ (graph display) แสดงผลด้วยเสียง (MIDI sound) และแสดงผลแบบเคลื่อนที่ (motor control) (Zuckerman, 2004)



ภาพที่ 2.11 แสดงการใช้งานดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

ที่มา : Zukerman, 2004

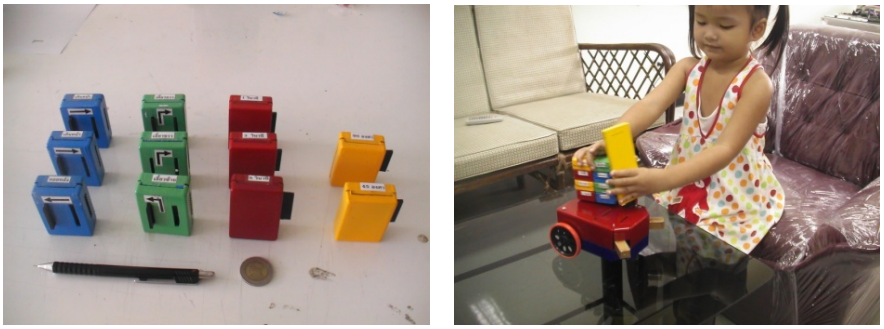
ปี ค.ศ. 2007 Horn และ Jacob ได้พัฒนาโปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับใช้ในห้องเรียน โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไม่มีการฝังตัวอุปกรณ์คอมพิวเตอร์หรืออิเล็กทรอนิกส์เข้าไป แต่ใช้กล้องสแกนภาพของโปรแกรมเพื่อประมวลผลและคอมไพล์เป็นโปรแกรมเพื่อใช้งานแสดง ดังภาพที่ 2.12

ภาพที่ 2.12 แสดงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับใช้ในห้องเรียน
ที่มา : Horn and Jacob, 2007

ปี ค.ศ. 2008 Horn และคณะ ได้พัฒนาโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับการเรียนรู้หุ่นยนต์ ในพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์เมืองบอสตัน โดยโปรแกรมที่ออกแบบจะเป็น Passive tangible interfaces เป็นการเขียนโปรแกรมที่มีลักษณะเป็นชิ้น ๆ คล้ายตัวจิกซอร์แสดงผลดังภาพที่ 2.13 โดยเรียงต่อกันเป็นโปรแกรมบนโต๊ะ การออกแบบจะใช้แนวคิดของการสแกนภาพผสมผสานกับเทคโนโลยีประมวลผลด้วยภาพ ในการคอมไพล์คำสั่งโดยใช้กล้องสแกนคำสั่งก่อนจะแปลงให้หุ่นยนต์ที่ควบคุมเข้าใจ

ภาพที่ 2.13 แสดงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับผู้เริ่มต้น
ที่มา : Horn et al, 2008

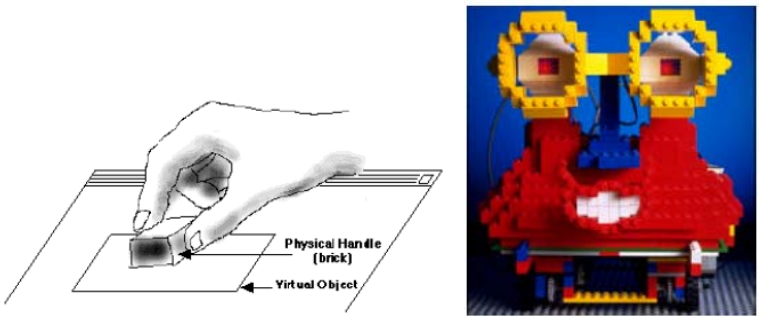
ปี พ.ศ. 2551 เที่ยง เหมียดไธสง ได้ออกแบบและสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับผู้เริ่มต้น เป็นการออกแบบการเขียนโปรแกรมรูปแบบใหม่ที่ปราศจากการใช้คีย์บอร์ดและเมาส์ โดยหลักการคือนำโปรแกรมที่เคยเขียนที่จอคอมพิวเตอร์ออกมาเขียนด้านนอกจอโดยคำสั่งแต่ละคำสั่งสามารถที่จะสัมผัสและรู้สึกได้ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า เด็กในระดับอนุบาลที่ยังไม่สามารถอ่านหนังสือและเขียนหนังสือได้ สามารถที่จะโปรแกรมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ โดยโปรแกรมภาษานี้สามารถทำให้เด็กตัวเล็ก ๆ สามารถเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ นอกจากนั้นยังสามารถที่จะทำให้เด็กมีความสามารถในการแก้ปัญหาโดยที่ครูไม่ต้องสอนแต่เป็นแต่เพียงแนะนำและช่วยเหลือเท่านั้น โดยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้และการใช้งานแสดงดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 แสดงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับผู้เริ่มต้น
ที่มา : เที่ยง เหมียดไธสง, 2551

2.1.5 ประเภทของ TUI

การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ มีการกำหนดกว้าง ๆ ไว้เกี่ยวข้องกับการกำหนดรูปแบบกายภาพของวัตถุเพื่อเข้าถึงข้อมูลข่าวสารทางด้านดิจิทัลในระดับสูง โดยมีสองระบบพื้นฐานในการเข้าถึง คือ 1) เซตการสร้าง (constructive assemblies) เซตของการสร้างพัฒนาจากแนวคิดของการสร้างบล็อก (block) และเลโก้ (LEGO) เช่น ชุดของเลโก้ สามารถที่จะนำชิ้นส่วนต่าง ๆ ไปสร้างเป็นสิ่งต่าง ๆ ได้มากมาย 2) พื้นผิวปฏิสัมพันธ์ (interactive surfaces) เป็นการปฏิสัมพันธ์พื้นผิวโดยการเข้าถึงพื้นผิวปฏิสัมพันธ์มีการเข้าถึงอยู่ 2 รูปแบบ คือ การเข้าถึงแบบปฏิสัมพันธ์โต๊ะทำงานช่าง (interactive workbenches) และการเข้าถึงแบบปฏิสัมพันธ์ผนังหรือกำแพง (interactive walls) (Hiroshi and Ullmer, 1997), (Hiroshi, 2008) ซึ่งทั้งสองรูปแบบแสดงดังภาพที่ 2.15

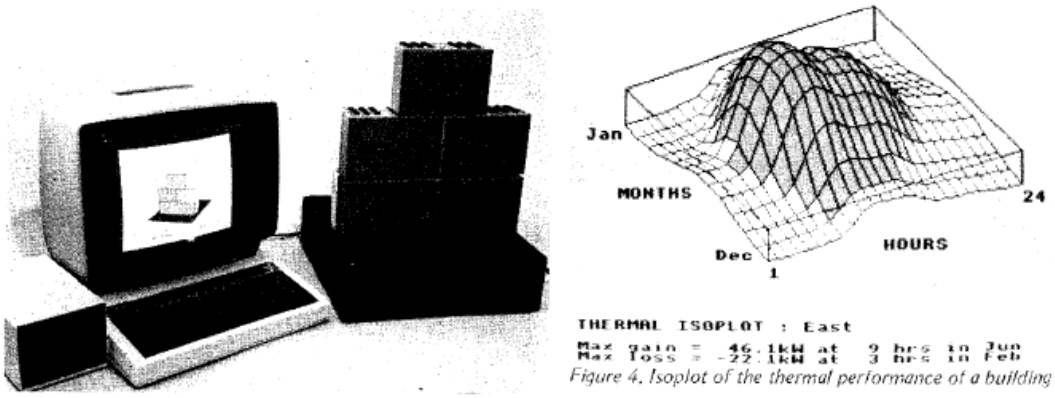


ภาพที่ 2.15 แสดงรูปร่างการสัมผัสผิวของวัตถุและชุดเซตของการสร้าง

ที่มา : Ullmer, 2002

2.1.5.1 เซตการสร้าง

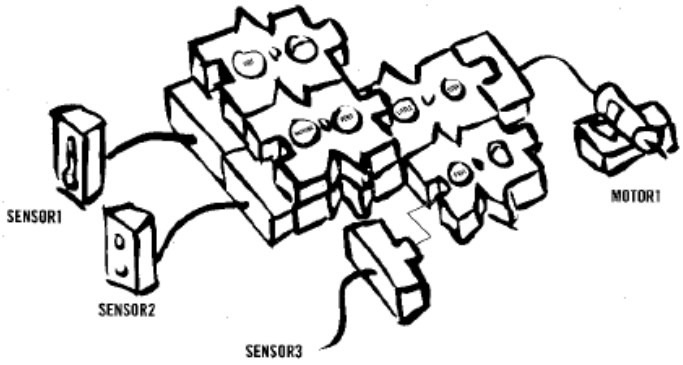
การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ มาจากแนวคิดของการสร้างบล็อกและเลโก้ ซึ่งเป็นเซตการสร้าง เริ่มต้นหลังปี ค.ศ.1970 เมื่อ Aish และ Noakes ได้สร้าง Building block system (BBS) ขึ้น ดังภาพที่ 2.16 สิ่งที่น่าสนใจของการสร้าง BBS ขึ้น คือ ระบบที่สร้างขึ้นไม่เพียงแต่มีโครงสร้างรูปทรงเรขาคณิตเท่านั้น แต่เป็นการทำให้เข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ของคุณสมบัติพื้นที่ว่างโดยแสดงเป็นกราฟ



ภาพที่ 2.16 แสดงระบบ Building blocks system

ที่มา : Ullmer, 2002

ปี ค.ศ. 1993 Maeda และ McGee ได้ออกแบบ Solid Programming ขึ้นเพื่อใช้ในการอธิบายการตอบสนองแบบ Fuzzy-logic สำหรับหุ่นยนต์ โดยมีเงื่อนไขอินพุตที่หลากหลาย ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 แสดง Solid Programming

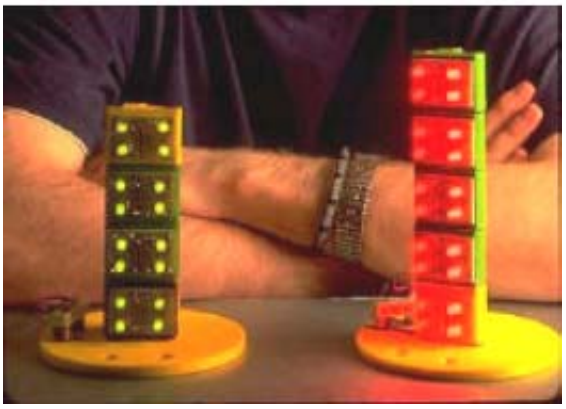
ที่มา : Ullmer, 2002

ปี ค.ศ. 1994 Frazer และเพื่อนร่วมงานได้สร้าง Intelligent modeling systems เป็นระบบที่แสดงการทำงานของระบบที่เป็นทั้งนามธรรม (abstract) และรูปธรรม (concrete) ดังภาพที่ 2.18

ภาพที่ 2.18 แสดงระบบ Intelligent modeling systems

ที่มา : Ullmer, 2002

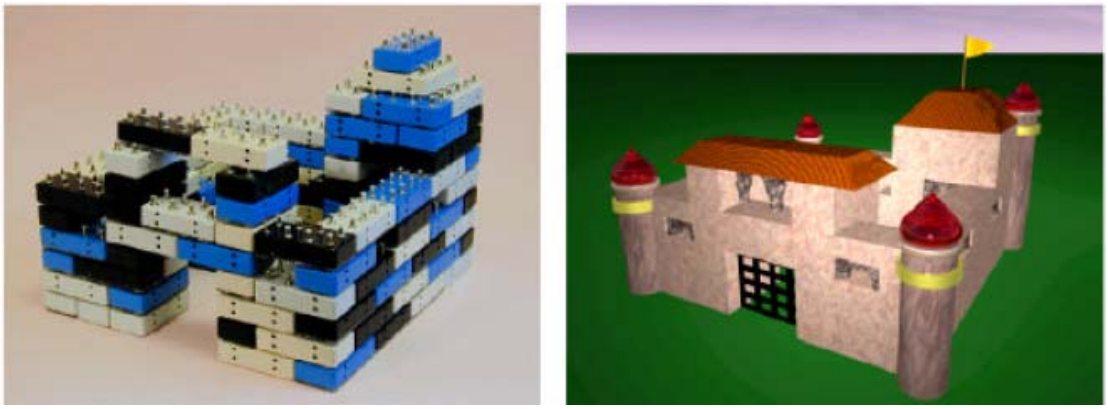
ปี ค.ศ. 1997 Kramer and Minar ได้สร้าง Stackable ใช้ในการออกแบบโค้ดต่าง ๆ นวัตกรรมการแสดงผลที่หลากหลายสำหรับโทรศัพท์ และ การออกแบบผสมผสานสีต่าง ๆ ในงานศิลปะ ดังภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 แสดง Stackables

ที่มา : Ullmer, 2002

ปี ค.ศ. 2000 Anderson สร้างบล็อกในการอธิบายความแตกต่างของรูปทรงเรขาคณิต ดังภาพที่ 2.20 ในโครงสร้างจะถูกตีความหมายโดยซอฟต์แวร์เพื่อสร้างเป็นรูปภาพกราฟิก เพื่อที่จะสามารถสำรวจวิธีการอันหลากหลายในการออกแบบ



ภาพที่ 2.20 แสดงบล็อกของ Anderson

ที่มา : Ullmer, 2002

ปี ค.ศ.2001 Kitamura ได้เสนอ Active Cubes ที่ค่อนข้างจะเป็นนามธรรมสำหรับการโปรแกรม ดังภาพที่ 2.21 แต่ละลูกบาศก์ (cube) มีลักษณะเฉพาะและสามารถเชื่อมต่อกันเพื่อแสดงพฤติกรรมดิจิทัล ในลักษณะ 3 มิติในเวลาจริง (realtime) ภายใน Active Cubes จะมีเซ็นเซอร์ และ

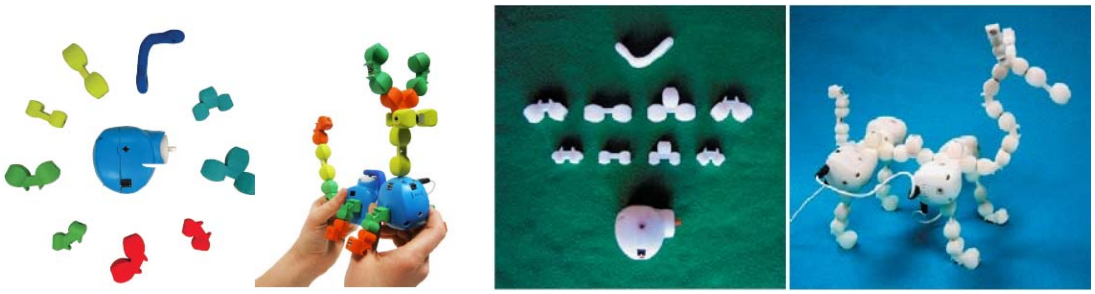
ตัวดำเนินการที่มีความหลากหลาย ที่อนุญาตให้ผู้สร้างสร้างรูปแบบต่าง ๆ ได้มากมายและสามารถปฏิสัมพันธ์กับโครงสร้าง

ภาพที่ 2.21 แสดง Active Cubes
ที่มา : Ullmer, 2002

ปี ค.ศ. 2002 Camarata ได้สร้าง Navigational Block แสดงดังภาพที่ 2.22 เป็นการใช้ลูกบาศก์แสดงการจัดกลุ่มของเหตุการณ์ในประวัติศาสตร์ แต่ละด้านของลูกบาศก์เมื่อมีการใช้งานจะสามารถแสดงเหตุการณ์ทางประวัติศาสตร์ได้ การวางลูกบาศก์ลงบนพื้นผิวสัมผัสจะบันทึกความสัมพันธ์ของการจัดกลุ่มของแต่ละด้านของลูกบาศก์จากนั้นจะแปลเป็นเหตุการณ์ต่าง ๆ แสดงผลการใช้งานบนพื้นผิวสัมผัสถ้ามีลูกบาศก์มากกว่า 1 จะต้องเชื่อมด้วยตรรกะ and (แอนด์) ในการผสานองค์ประกอบเหล่านั้น

ภาพที่ 2.22 แสดง Navigational Block
ที่มา : Ullmer, 2002

ในปี ค.ศ. 2004 Raff Hayes ได้พัฒนา Topobo เป็นชุดคิทการสร้าง 3 มิติ ที่ฝังชุดบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ไว้ที่ Topobo ซึ่งมีความสามารถในการบันทึกและเล่นกับลักษณะท่าทางการเคลื่อนไหว Topobo ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็น แอคตีพ และส่วนที่เป็นพาสซีพ แสดงดังภาพที่ 2.23 ส่วนที่เป็นแอคตีพสามารถเคลื่อนไหวได้ แต่ส่วนที่เป็นพาสซีพไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ การใช้งานผู้ใช้สามารถที่จะประกอบทั้งส่วนเข้าด้วยกันโดยสร้างเป็นรูปสัตว์ต่าง ๆ เช่น สุนัข สามารถที่จะประกอบเป็นรูปสุนัข แล้วสอนให้สุนัขแสดงท่าทางต่าง ๆ เช่น การส่ายหัวหรือกระดิกหางได้ โดยทำการบันทึกท่าทางต่าง ๆ แล้วเล่นกับการใช้งานกับเด็กอายุ 5-13 ปี พบว่า เด็กสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับ การเคลื่อนที่ ความสมดุล จุดศูนย์ถ่วง แรงดึงดูดของโลก เป็นต้น นอกจากนั้น Topobo ยังสามารถทำให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์และเรียนรู้ร่วมกันได้

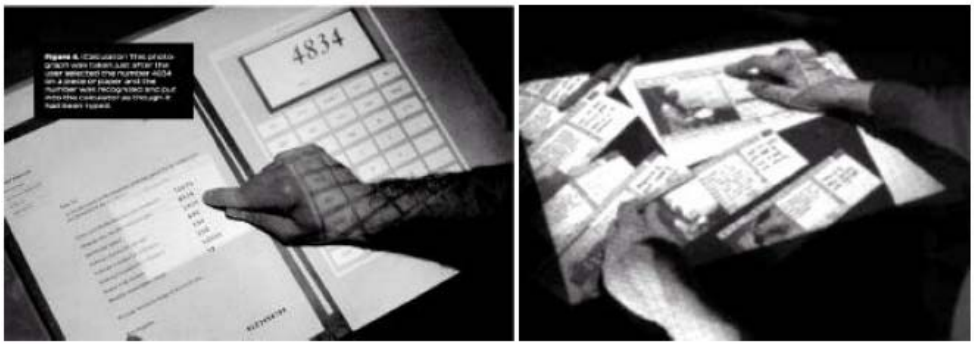


ภาพที่ 2.23 แสดงการใช้งาน Topobo
ที่มา : Raffle, 2004

2.1.5.2 พื้นผิวปฏิสัมพันธ์

การเข้าถึงพื้นผิวปฏิสัมพันธ์มีการเข้าถึงอยู่ 2 รูปแบบ คือ การเข้าถึงแบบปฏิสัมพันธ์โต๊ะทำงานช่าง (interactive workbenches) และการเข้าถึงแบบปฏิสัมพันธ์ผนังหรือกำแพง (interactive walls)

1) การเข้าถึงแบบปฏิสัมพันธ์โต๊ะทำงานช่าง (interactive workbenches) การเข้าถึงแบบปฏิสัมพันธ์โต๊ะทำงานช่างเริ่มต้นในปี ค.ศ. 1991 เมื่อ Wellner ได้ออกแบบโต๊ะดิจิทัล (digitaldesk) ที่สามารถจัดการกับเอกสารบนโต๊ะโดยการสัมผัสโดยมีกล้องและโปรเจ็คเตอร์ ในการทำงานร่วมกันบนโต๊ะ ดังภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 แสดงโต๊ะดิจิทัล

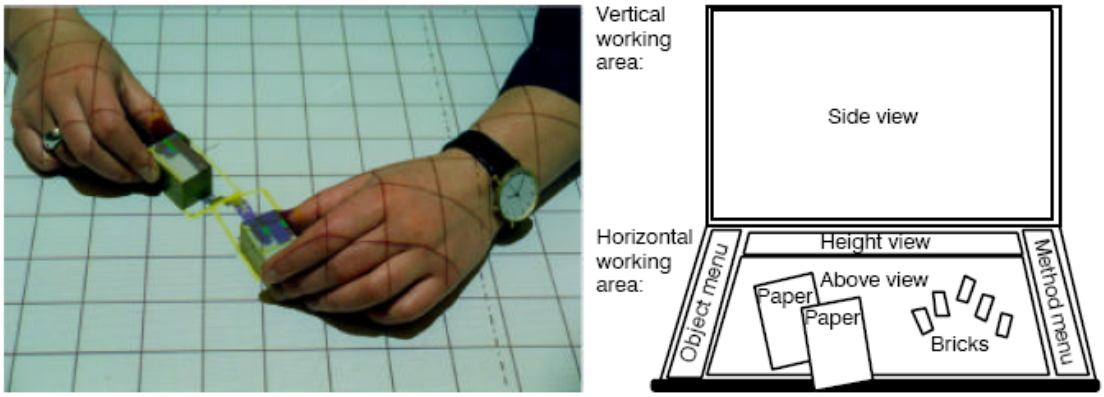
ที่มา : Ullmer, 2002

ปี ค.ศ. 1997 Schafer และคณะได้ออกแบบ Real reality เพื่อใช้ในการออกแบบกระบวนการผลิตและบริบทของอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังภาพที่ 2.25

ภาพที่ 2.25 แสดง Real reality

ที่มา : Ullmer, 2002

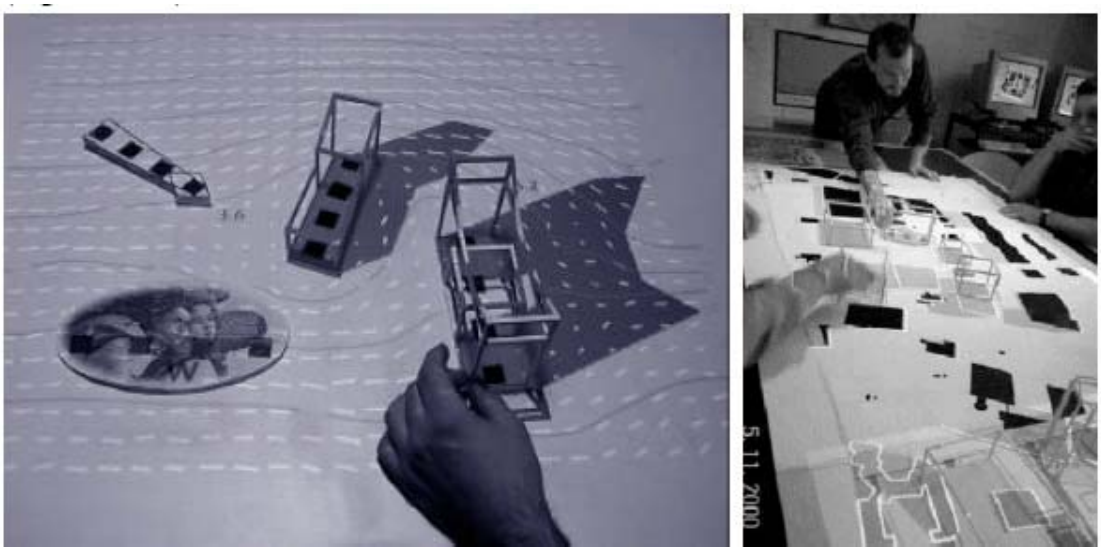
ปี ค.ศ. 1998 Fjeld ได้ออกแบบระบบ BUILD-IT เป็นการพัฒนาการปฏิสัมพันธ์โต๊ะทำงานช่าง โดยพัฒนาคล้ายกับโต๊ะดิจิทัลแต่เพิ่มอุปกรณ์เข้าไปซึ่งเรียกว่า Bricks ในการทำงานนอกจากเอกสารที่เป็นกระดาษแสดงดังภาพที่ 2.26



ภาพที่ 2.26 แสดง BUILD-IT

ที่มา : Ullmer, 2002

ปี ค.ศ. 1999 Underkoffler พัฒนา Urban planning simulator (Urp) เพื่อใช้ในการศึกษาเงาของวัตถุและการสะท้อนกลับของวัตถุ การจำลองกระแสลมเพื่อใช้ทำความเข้าใจโครงสร้างของการสร้างสิ่งต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 2.27



ภาพที่ 2.27 แสดง Urban planning simulator

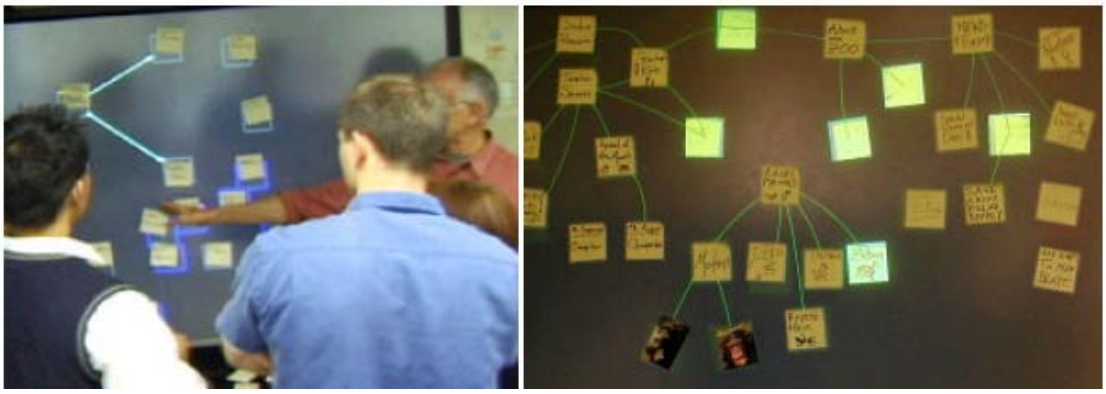
ที่มา : Ullmer, 2002

2) การเข้าถึงแบบปฏิสัมพันธ์ผนังหรือกำแพง (interactive walls) การปฏิสัมพันธ์โดยการเข้าถึงแบบปฏิสัมพันธ์ผนังหรือกำแพง เริ่มต้นเมื่อปี ค.ศ. 1980 เมื่อ Galloway และ Rabinowitz ได้สร้าง Hole in space เพื่อใช้ในการปฏิสัมพันธ์กับงานศิลปะ ปี ค.ศ.1997 Ishii และ Ullmer ได้ผสมผสานไวน์บอร์ดและ การ์ดแม่เหล็ก เพื่อสร้างเป็น TransBOARD สำหรับการอธิบายสิ่งต่าง ๆ บนไวน์บอร์ดโดยการ์ดแม่เหล็กจะสามารถสแกนและคัดลอกสิ่งต่าง ๆ และส่งไปแสดงผลบนเว็บได้ แสดงดังภาพที่ 2.28

ภาพที่ 2.28 แสดง TransBOARD

ที่มา : Ullmer, 2002

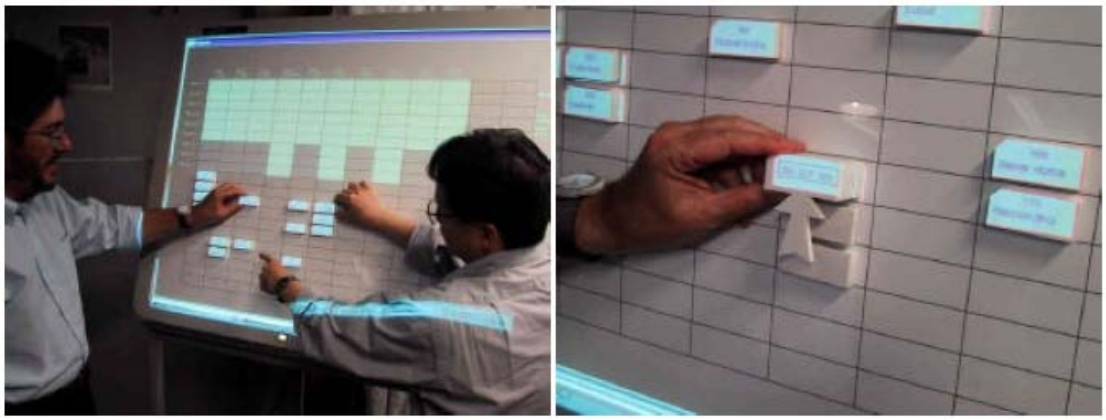
ปี ค.ศ. 2001 Klemmer และคณะ ได้ออกแบบพื้นผิวการปฏิสัมพันธ์กับผนังที่สามารถจัดกระทำกับภาพมีเดียโดยตรงซึ่งการพัฒนา Trans BOARD ไม่สามารถทำได้เรียกว่า Designer's Outpost แสดงดังภาพที่ 2.29



ภาพที่ 2.29 แสดง Designer's Outpost

ที่มา : Ullmer, 2002

ปี ค.ศ. 2002 Jacob และคณะ ได้ออกแบบ Seneboard system เพื่อใช้ในการวางแผนและกิจกรรมขององค์การ โดยผู้ใช้สามารถวางแผนร่วมกันบนบอร์ดโดยมีแท่งสี่เหลี่ยมที่เรียกว่า Token ร่วมกันกับ constraint ในการจัดกระทำโดย Token จะตีความหมายจากบอร์ดทำการประมวลผลและแสดงผลแสดงดังภาพที่ 2.30



ภาพที่ 2.30 แสดง Senseboard System

ที่มา : Ullmer, 2002

สรุป การพัฒนาการปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ มีการพัฒนาที่ต่อเนื่องจาก การปฏิสัมพันธ์โดยแนวคิด CUI (command–use–interface) ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องพิมพ์คำสั่งที่บรรทัดรับคำสั่ง ไปสู่การปฏิสัมพันธ์ด้วยการใช้เมาส์ในการจัดกระทำกับไอคอน ซึ่งเรียกระบบนี้ว่า GUI ระบบ GUI ได้เป็น

มาตรฐานในการปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน แนวคิดของการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ (TUI) คือ ความพยายามปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ที่สามารถ จับต้องข้อมูลข่าวสารในโลกดิจิทัลเป็นการติดต่อกับข้อมูลข่าวสารดิจิทัลผ่านทางสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เป็นการกำหนดรูปแบบของวัตถุเพื่อเข้าถึงข้อมูลข่าวสารทางด้านดิจิทัล โดยมีสองระบบพื้นฐานในการเข้าถึงคือ 1) เซตการสร้าง (constructive assemblies) 2) พื้นผิวปฏิสัมพันธ์ (interactive surfaces) ระบบ TUI เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ ที่ใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด แต่ TUI ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการแสดงผลโดยยังใช้การแสดงผลในระบบ GUI ผสมผสานในระบบ TUI อยู่

งานวิจัยนี้ได้แรงบันดาลใจในการประยุกต์ใช้งานระบบ TUI ในรูปแบบต่าง ๆ โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ในการเข้าถึงความรู้และสร้างความรู้ใหม่ จึงทำให้ผู้วิจัยได้นำแนวคิดนี้มาใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ซึ่งเรียกว่า โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ 2 รูปแบบ รูปแบบแรก คือ โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ ส่วนรูปแบบที่ 2 คือ โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพ

2.2 การเรียนรู้และการจัดกระทำ

ในประวัติศาสตร์ของมนุษย์ ทุกคนเรียนรู้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เด็กเล่นกับ ก้อนหิน ไม้ ทราย น้ำ เป็นต้น การเล่นสิ่งเหล่านี้ทำให้เด็กสรุปเป็นความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัว ในอดีตจนกระทั่งปัจจุบันโรงเรียนใช้วิธีการเรียนรู้โดยการสอนมากกว่าการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยเน้นไปที่การเรียนรู้จากบุคคลหรือหนังสือมากกว่าการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง การศึกษาเอกสารในงานวิจัยนี้จะนำเสนอแนวคิดของนักปรัชญา นักทฤษฎีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้

2.2.1 การเรียนรู้จากประสบการณ์

ในปี ค.ศ.1690 John Locke เป็นผู้ที่ถือว่าให้กำเนิดแนวคิดปรัชญาการเรียนรู้จากประสบการณ์ซึ่งเป็นบรรพบุรุษของการเรียนรู้จากการลงมือทำ (learning by doing) ดังนั้น การเรียนรู้จากประสบการณ์ (experience) จากความรู้สึก (sensation) และการสะท้อน (reflection) คือ การเรียนรู้จากการทดลองทำด้วย 2 มือ Locke ได้เสนอการออกแบบวัตถุการเรียนรู้ (learning object) ได้แก่ ลูกเต๋า และ ตัวอักษร (alphabet) เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ โดยการเล่นกับสิ่งเหล่านี้ งานของ Locke

มีอิทธิพลต่อนักคิดเช่น Rousseau, Condillac และ Dewey ซึ่ง Rousseau ได้ขยายทางด้านประสบการณ์ ในการปฏิสัมพันธ์กับวัตถุและธรรมชาติ ด้วยกระบวนการเรียนรู้ที่ค่อยเป็นค่อยไป ส่วน Codillac ขยายทางด้านการรับรู้ (sensation) และการพัฒนาทฤษฎีความรู้มาจากการรับรู้ และ Dewey ได้ขยายแนวคิดของ Rousseau โดยเน้นไปที่ การมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับ สภาพจริงและความคุ้นเคยของโลกผู้ใหญ่ เมื่อพิจารณาจากแนวคิดของทั้งสามคนสามารถที่จะจัดกลุ่มแนวคิดของทั้งสามดังนี้ กลุ่มที่ 1 มือทำให้เกิดสติปัญญา (intelligent hand) ในกลุ่มนี้นำโดย Codillac โดยเน้นไปที่การปฏิสัมพันธ์กับวัตถุซึ่งเป็นต้นกำเนิดของสติปัญญา กลุ่มที่ 2 การทดลองของเด็ก (experimenting) กลุ่มนี้นำโดย Rousseau โดยเน้นไปที่ การสำรวจ ทดลอง และการปฏิสัมพันธ์กับธรรมชาติ ในฐานะต้นกำเนิดความรู้ กลุ่มที่ 3 เน้นไปที่ ประสบการณ์ตรงกับสภาพที่เป็นจริงง่าย ๆ (simplified reality) (Zukerman, 2007)

กลุ่มที่ 1 มือทำให้เกิดสติปัญญา (intelligent hand) Condillac ได้พัฒนาทฤษฎี การรับรู้ โดยความรู้ทั้งหมดมาจากการรับรู้ด้วยการสัมผัส และความรู้ไม่ได้มีมาแต่กำเนิด ความรู้ต่าง ๆ ที่ยาก ๆ สามารถทำให้เข้าใจง่ายถ้ามีการทำให้ผ่านการรับรู้ทางประสาทสัมผัสของคนเราได้ Itard ได้พัฒนาวิธีการใหม่สำหรับการศึกษาของคนตาบอดและหูหนวก โดยได้ใช้วิธีการฝึกการรับรู้ความรู้สึกและการกระตุ้น Sequin เป็นลูกศิษย์ของ Itard ได้พยายามปรับปรุงและขยายการฝึกการรับรู้ความรู้สึกและการกระตุ้น โดยนำไปใช้ในโรงเรียนพิเศษ สำหรับเด็กที่มีความเชื่องช้า โดยสรุปได้ว่า การกระทำด้วยมือสามารถที่จะกระตุ้นสติปัญญาได้ Montessori เป็นลูกศิษย์ของ Seguin ได้ศึกษางานของ Seguin และ Itard อย่างเข้มงวดและได้ขยายการฝึกการรับรู้ความรู้สึกและเทคนิคการกระตุ้นโดยเฉพาะการขยายวัตถุที่ช่วยในการฝึกซึ่งเรียกว่า Montessori materials เป็นวัตถุที่พัฒนาจากวัตถุของ Seguin และ Itard โดยได้จัดกลุ่มในการพัฒนาวัตถุเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มวัฒนธรรม ประกอบด้วย สัตว์และโลกที่ยุ่งยาก 2) กลุ่มภาษาประกอบด้วยตัวอักษร ชุดคิทคำและชุดคิทไวยากรณ์ 3) กลุ่มคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ไม้วัดที่เป็นตัวเลข ภาพที่เป็นตัวเลข เศษส่วน วงกลมบอร์ดการคูณ เป็นต้น 4) กลุ่มการรับรู้ ประกอบด้วย แท่งไม้ที่คล้ายกับตึก ขั้นบันได กระบอกสูบแผ่นจารึกสี กระบอกสูบเสียง โครงสร้างที่สัมผัสได้ วิธีการของ Montessori เป็นหลักการศึกษาโดยทั่วไป แต่สิ่งที่ต้องการเน้นให้เห็นคือ วัตถุสำหรับการเรียนรู้ โดยหลักการหลัก ๆ คือ การเตรียมสภาพแวดล้อม ซึ่งเกี่ยวข้องกับ วัตถุการสอนและบทบาทของครู Montessori ได้ออกแบบวัตถุที่ใช้ในการสอนควรจะอยู่บนหลักการต่อไปนี้ 1) ศึกษาด้วยตนเองได้ 2) ควรให้โอกาสในการคิดและจินตนาการแบบขั้นบันได 3) การพัฒนาผู้เรียนควรจะเป็นการออกแบบวัตถุหรือการเรียนรู้ง่าย ๆ ไปจนกระทั่งยากหรือระดับสูง 4) สนับสนุนการเรียนรู้แบบเป็นกลุ่ม และหลากอายุ

กลุ่มที่ 2 การทดลองของเด็ก (experimenting child) Rousseau ซึ่งได้รับอิทธิพลจาก Lock โดย Rousseau เขียนนวนิยายเรื่อง Emile เป็นหลักการที่ว่าด้วยการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยเน้นที่การศึกษาของแต่ละคน และทุกคนมีรูปแบบจิตใจที่เป็นของตนเอง บทบาทของครูไม่ใช่ผู้ถ่ายทอดแต่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและสร้างโอกาสให้กับผู้เรียนรู้ โดยหลักการของ Rousseau ได้อ้างถึงหลักการเรียนรู้มาจาก 3 แหล่งคือ 1) การศึกษาจากธรรมชาติซึ่งได้แก่การเติบโตของอวัยวะความสามารถของบุคคล 2) การศึกษาจากบุคคล และ 3) การเรียนรู้จากสิ่งต่าง ๆ รอบตัว Pestalozzi ได้แรงบันดาลใจจากงาน Emile ของ Rousseau โดยได้อธิบายถึงการเรียนรู้ของเด็ก ควรจะเรียนรู้ผ่านกิจกรรมและผ่านสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมมากกว่าการเรียนรู้ผ่านหนังสือและ เขาเชื่อว่าเด็กควรจะมีอิสระทำตามสิ่งที่เขาสนใจ และสรุปสิ่งต่าง ๆ ด้วยตัวของเด็กเอง Pestalozzi เน้นที่การเกิดขึ้นเองของความรู้และทำกิจกรรมด้วยตนเอง เด็กไม่ควรจะได้รับคำตอบที่สมบูรณ์แบบแต่ควรจะเป็นคำตอบที่มาจากตัวของเด็กเอง การตีความหมายของเด็กเอง โดยเขาเน้นที่ความสมดุล 3 ส่วนคือ มือ หัวใจ และ ศีรษะ วิธีการของ Pestalozzi จะเป็นการศึกษาจากสิ่งที่รู้ไปยังสิ่งที่ไม่รู้ จากสิ่งง่าย ๆ ไปยังสิ่งที่ซับซ้อน จากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปยังสิ่งที่เป็นนามธรรม ส่วน Froebel จุดกำเนิดการสอนเด็ก คือ การศึกษาผ่านเกมส์ที่บ้าน ในสภาพแวดล้อมที่มีครอบครัว Froebel ค้นหาและสนับสนุนสภาพแวดล้อมทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานและการสัมผัสกับวัตถุโดยตรง เขาเชื่อว่าการที่ทำให้เด็กได้สัมผัสกับโลกจะขยายความเข้าใจต่อโลกของเด็ก เด็กไม่ควรจะได้รับคำตอบที่สัมบูรณ์แบบและมีอยู่แล้วตามความคิดของผู้ใหญ่ แต่ควรจะได้รับคำตอบด้วยตัวของเขาเองผ่านกิจกรรมที่เขาทำด้วยตนเอง Froebel ได้แรงบันดาลใจจาก Pestalozzi สำหรับแนวคิดทางการศึกษาของการเรียนการสอนในระดับอนุบาล โดยการเน้นที่การเล่นกับของเล่นที่เรียกว่า gifts และแนวคิดปรัชญาการศึกษาของเขาในหนังสือ On the Education of Man การออกแบบของเล่นของเขาประกอบด้วย บล็อกไม้ จุด ชิ้นกระดาษที่เป็น รูปเรขาคณิต แท่งเหล็กรูปเรขาคณิต สิ่งเหล่านี้ช่วยให้เด็กเรียนรู้ เกี่ยวกับสี รูปแบบ เรขาคณิต ผ่านการออกแบบและเรื่องเหล่า Froebel ไม่ได้ออกแบบ gift สำหรับสอนเด็กในเรื่องของมโนทัศน์ (concept) แต่เขาเน้นที่ความเป็นเอกภาพของชีวิตที่ช่วยให้เด็กซาบซึ้ง รูปแบบเกี่ยวกับชีวิต รูปแบบเกี่ยวกับความรู้ และ รูปแบบเกี่ยวกับความสวยงาม Froebel เน้นการเรียนรู้เกี่ยวกับโลกโดยการสร้างสิ่งต่าง ๆ ในรูปแบบที่เป็นของจริงจากสิ่งที่มีในโลก

กลุ่มที่ 3 สภาพความเป็นจริงที่ง่าย ๆ (simplifield reality) Dewey ได้พัฒนาปรัชญาการศึกษากว้างๆ ซึ่งเขาได้รับอิทธิพลจากงานเขียนของ Rousseau และ Vygotsky เขามีมุมมองต่อพื้นฐานกระบวนการทางสังคม ปรัชญาการศึกษาของโดยเน้นไปที่ 3 หลักการคือ 1) ประสบการณ์และการสะท้อน 2) ประชาธิปไตยและชุมชน 3) สภาพแวดล้อมสำหรับการเรียนรู้ Dewey ได้อธิบายว่า

สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ควรจะง่ายๆ และแสดงความเป็นอยู่จริงของชีวิต เด็กควรจะมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางสังคม การเรียนรู้โดยการกระทำ โดยเฉพาะการกระทำกิจกรรมที่เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตจริง ชีวิตของผู้ใหญ่ ชีวิตที่บ้าน ตัวอย่างที่น่าสนใจของ Dewey คือ ห้องปฏิบัติการของเขาที่ University of Chicago ในโรงเรียนเด็กจะได้เรียนรู้วิชาเคมี ฟิสิกส์ และชีวะ โดยการทดลองกับกระบวนการธรรมชาติโดยการปรุงอาหารเช้า

ทั้งสามกลุ่มมีจุดร่วมกันในปรัชญาการศึกษา โดย Mostessori Froebel และ Dewey ทั้งสามท่านเชื่อในการเรียนรู้จากประสบการณ์ ความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ โดยการสัมผัสกับวัตถุและคน ทั้งสามเชื่อว่า การควบคุมสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการสนับสนุนการเรียนรู้ และครูควรจะเตรียมโอกาสสำหรับการเรียนรู้ มากกว่าการส่งมอบความรู้และความจริงโดยตรง โดยเฉพาะ Froebel และ Montessori ที่มีจุดร่วมกันของหลักการออกแบบวัตถุที่เขาสร้างสรรค์ ทั้งสองพัฒนาวัตถุที่สนับสนุน การมีปฏิสัมพันธ์ ความรู้สึก กับการออกแบบสภาพจริงง่าย ๆ แต่ทั้งสองก็มีความแตกต่างกันดังนี้

Froebel สร้างสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นชุดคิทของการสร้างและการออกแบบ ที่สนับสนุนการสร้างและการออกแบบ สิ่งประดิษฐ์ของเขาช่วยให้เด็กเข้าใจกายภาพของสิ่งต่าง ๆ โดยการสร้างรูปแบบของสิ่งนั้น ๆ สิ่งประดิษฐ์ของ Froebel สามารถเรียนรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของเรขาคณิต ซึ่งเป็นเป้าหมายแรก และเป้าหมายที่ 2 คือ กระบวนการในการออกแบบ เช่น บล็อกตัวเลข เด็กสามารถที่จะเข้าใจขนาดและความแตกต่างของความสัมพันธ์เรขาคณิต ขณะที่เด็กลงมือสร้างสิ่งต่าง ๆ จากบล็อกตัวเลข เด็กสามารถเรียนรู้ความสัมพันธ์ของเรขาคณิตและกระบวนการออกแบบ สิ่งประดิษฐ์ของ Froebel เป็นบรรพบุรุษของเล่นในปัจจุบันได้แก่ เซตการสร้าง 2 มิติ และ 3 มิติ ประกอบด้วย LEGO, Tinkertoys, K’nex เป็นต้น

Montessori สิ่งประดิษฐ์ของเขา เป็นอีกลักษณะหนึ่งที่แตกต่างจาก Froebel สิ่งประดิษฐ์ไม่ได้เป็นการสร้างหรือออกแบบ แต่เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม ไม่ใช่สิ่งที่เป็นทางกายภาพของโลก สิ่งประดิษฐ์แต่ละอย่างของเขาเน้นไปที่มโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมเดี่ยว ๆ เขาต้องการให้เด็กได้เล่นกับสิ่งประดิษฐ์แล้วทำให้เด็กเกิดการดูดซึม (absorb) มโนทัศน์เหล่านั้นผ่านการปฏิสัมพันธ์กับวัตถุของเขา โดยปราศจากการแนะนำหรือสอนโดยครู สิ่งประดิษฐ์ของเขาที่เป็นบรรพบุรุษของเล่นทุกวันนี้มีมากมายหลายอย่าง แต่แนวคิดที่ชัดเจนอันหนึ่งคือ ลูกคิดของจีนที่สอนมโนทัศน์เกี่ยวกับการบวกและลบ

Dewey ไม่ได้ออกแบบวัตถุการเรียนรู้ แต่อธิบายเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์อะไรที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ สภาพชีวิตจริงง่าย ๆ โดยมุมมองของ Dewey สิ่งประดิษฐ์ที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีควรจะช่วยให้เด็กมีความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของโลกผู้ใหญ่ โลกที่เป็นจริง ดังนั้นสิ่งประดิษฐ์ของ Dewey จะเป็นตุ๊กตา ที่เกี่ยวกับสภาพที่เป็นจริงของโลกผู้ใหญ่เช่น ตุ๊กตา พนักงานดับเพลิง พยาบาล ชุดเครื่องครัว เป็นต้น

สรุปแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย จากแนวคิดเริ่มต้นจาก Lock การเรียนรู้จากประสบการณ์ที่มีอิทธิพลต่อนักคิดในสามกลุ่ม ได้แก่ 1) Condillac ที่เชื่อว่ามือทำให้เกิดสติปัญญา (intelligent hand) 2) Rousseau ที่เชื่อเกี่ยวกับการทดลองของเด็ก (experimenting child) และ 3) Dewey ที่เชื่อสภาพความเป็นจริงที่ง่าย ๆ (simplifield reality) ทั้งสามกลุ่มมีแนวคิดที่แตกต่างกันและยังมีส่วนที่คล้ายกัน โดยในงานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดของ Froebel ที่อยู่ในกลุ่มที่สอง ที่เชื่อเกี่ยวกับการทดลองของเด็กในการสร้างและออกแบบสิ่งต่าง ๆ มาใช้เป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยในการสร้างและออกแบบลอจิกบล็อก ส่วนอีกแนวคิดหนึ่งคือ แนวคิดการจัดกระทำกับมโนทัศน์ตามแนวคิดของ Montessori ซึ่งนำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการจัดกระทำกับมโนทัศน์ตรรกะการเขียนโปรแกรมของผู้เริ่มต้น

2.2.2 การเรียนรู้จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม

ทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดของ Piaget Piaget ไม่ได้กล่าวชัดเจนว่าทฤษฎีของเขาเป็นคอนสตรักติวิซึม แต่นักการศึกษานักทฤษฎีความรู้และนักจิตวิทยาให้ชื่อแนวคิดนี้ว่า คอนสตรักติวิซึม Piaget ให้ความสนใจว่าความรู้เกิดขึ้นได้อย่างไร และความรู้นี้มีการพัฒนาอย่างไร โดยกล่าวถึงธรรมชาติของมนุษย์ว่าโดยธรรมชาติแล้วมนุษย์มีแนวโน้มพื้นฐานที่ติดตัวมาแต่กำเนิดอยู่ 2 ลักษณะ คือ การจัดระบบโครงสร้างความรู้ (organization) และการปรับขยายโครงสร้างความรู้ (adaptation)

1. การจัดระบบโครงสร้างความรู้ เป็นการจัดภายในโดยวิธีรวมกระบวนการต่าง ๆ เข้าเป็นระบบอย่างติดต่อกันเป็นเรื่องเป็นราว

2. การปรับขยายโครงสร้างความรู้ เป็นการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นแนวโน้มที่มีมาตั้งแต่เกิด การที่คนเรามีการปรับตัวเนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมซึ่งการปรับตัวนี้ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการดูดซึมประสบการณ์ (assimilation) และกระบวนการ

ปรับโครงสร้างทางเชาว์ปัญญา (accommodation) ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางสติปัญญาเดิมให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมใหม่

2.1 กระบวนการดูดซึมประสบการณ์ (assimilation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เมื่อบุคคลรับรู้สิ่งเร้าเข้าไปในสมอง การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อบุคคลนั้นมีการจัดกระทำ (ทางสมอง) ในการนำสิ่งเหล่านั้นไปเชื่อมโยงกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ในโครงสร้างทางสติปัญญาของตนเอง (schema) ซึ่งบุคคลได้สั่งสมมาตั้งแต่เกิดกระบวนการที่โครงสร้างทางสติปัญญาเดิมซึมซับสิ่งเร้าเข้าไป หรือกระบวนการความรู้ใหม่กับความรู้เดิมเชื่อมโยงกันได้อย่างลงตัวและมีความหมายกับบุคคลนั้น จะทำให้บุคคลนั้นอยู่ในสภาพสมดุล (equilibrium) มีความเข้าใจในประสบการณ์หรือความรู้นั้น สามารถอธิบายได้และแสดงออกได้ตามความสามารถของตน เนื่องจากตนเป็นผู้คิด ผู้สร้างความหมายของสิ่งนั้นด้วยตนเอง

2.2 กระบวนการปรับโครงสร้างทางเชาว์ปัญญา (accommodation) แสดงดังภาพที่ 4.2 เป็นการแสดงให้เห็นถึงกระบวนการปรับโครงสร้างทางเชาว์ปัญญา โดยแสดงให้เห็นว่าเมื่อบุคคลรับสิ่งเร้าเข้าไปและพยายามจะดูดซึมเชื่อมโยงสิ่งเร้าใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่ตนมีอยู่เดิมในโครงสร้างทางสติปัญญาของตน แต่ไม่สามารถดูดซับรับเข้าไปเชื่อมโยงอย่างมีความหมายได้ ก็จะเกิดสภาวะที่เรียกว่า “สภาวะไม่สมดุล” เกิดขึ้นเมื่อบุคคลเกิดสภาวะไม่สมดุลขึ้น คือ เกิดความงุนงง สงสัย สับสน บุคคลก็จะพยายามปรับสภาพนั้นโดยใช้กระบวนการทางสติปัญญาของตนในการคิดค้นหาวิธีที่จะสร้างความหมายของสิ่งเร้าใหม่นั้นกับสิ่งเดิมที่มีอยู่ ซึ่งในหลาย ๆ กรณี อาจใช้กระบวนการทางสังคมเข้ามาช่วย จนในที่สุดสามารถสร้างความหมายของสิ่งเหล่านั้นกับสิ่งเดิมได้ ความหมายที่สร้างขึ้นจึงเป็นผลการเรียนรู้ของกระบวนการเรียนรู้อันเป็นกระบวนการสร้างความหมายของข้อมูลสิ่งเร้าและประสบการณ์ต่าง ๆ ของตน ซึ่งบุคคลแต่ละคนอาจสร้างออกมาไม่เหมือนกันและส่งผลให้บุคคลปรับโครงสร้างทางสติปัญญาของตน (ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2545)

Piaget ได้รับการยอมรับว่าเป็นผู้ให้กำเนิดแนวคิดในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งในสายตาของ Piaget มองเด็กเป็นผู้สร้างและดูเหมือนว่าเด็กจะมีพรสวรรค์มาตั้งแต่กำเนิด ในฐานะที่เป็นผู้เรียนที่ดี ก่อนที่จะเข้าโรงเรียน ซึ่งการเรียนรู้แบบนี้เรียกว่า Piagetian Learning หรือ เป็นการเรียนรู้โดยปราศจากการสอน หลายคนอาจจะมีคำถามว่า การเรียนรู้ที่เกิดเองตามธรรมชาติเกิดขึ้นเองได้อย่างไร ขณะที่การเรียนรู้บางอย่างเกิดขึ้นได้เร็ว บางอย่างเกิดขึ้นได้ช้า หรือแม้กระทั่งไม่เกิดขึ้นเลย Piaget อธิบายว่า สาเหตุเกิดจากความซับซ้อนของสิ่งที่จะเรียนรู้ และการเรียนรู้ที่เป็นรูปแบบ (formality) ซึ่ง

ที่จุดนี้ ทำให้นักการศึกษาและนักจิตวิทยา ทางการศึกษานำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยโดยเฉพาะ Papert ซึ่งได้มองเห็นปัจจัยที่เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้เร็ว คือ วัตถุ (materials) ที่จะทำมโนทัศน์ง่าย ๆ และเป็นรูปธรรม (Papert, 1980)

สรุปแนวคิดของ Piaget ให้ความสนใจกับการเกิดขึ้นของความรู้โดยได้ค้นพบว่าความรู้เกิดขึ้นได้จากการที่มนุษย์มีสัญชาตญาณแห่งความอยู่รอดติดตัวมาอยู่ 2 ลักษณะ คือ การจัดระบบโครงสร้างความรู้และการปรับขยายโครงสร้างความรู้ นอกจากนั้น Piaget ยังได้อธิบายการเกิดขึ้นของความรู้ด้วยตนเองจากการปรับขยายโครงสร้างความรู้ในสองลักษณะ คือ กระบวนการดูดซึมประสบการณ์ และ กระบวนการปรับโครงสร้างทางเชาว์ปัญญา Piaget เชื่อในการเรียนรู้โดยปราศจากการสอนและมองเด็ก ๆ คือ นักสร้างและมีพรสวรรค์มาตั้งแต่เกิด

ทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดของ Bruner Bruner ได้อธิบายการพัฒนาการเรียนรู้ และองค์ความรู้แสดงผ่านทางการทำสิ่งต่าง ๆ Bruner ได้อธิบาย Enactive เป็นการกระทำกับวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ อย่างไร ยกตัวอย่างเช่น การปั่นจักรยาน จะไม่สามารถอธิบายให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีด้วยวิธีการอื่นๆ นอกจากการเรียนรู้โดยการขึ้นปั่นจักรยาน ซึ่งเป็นการเรียนรู้จากการลงมือทำ การเรียนรู้รูปแบบนี้ Bruner เรียกว่า Enactive แต่ความรู้ในโลกนี้ จะอยู่ในรูปของ ภาพและสัญลักษณ์ต่าง ๆ ซึ่ง เป็นนามธรรม (abstract) เป็นจำนวนมาก ในการจัดกระทำกับสิ่งเหล่านี้จึงเป็นไปด้วยความยากลำบาก โดยเฉพาะสัญลักษณ์ต่าง ๆ เช่น คำต่าง ๆ ไวยากรณ์ ที่ทำให้สามารถใช้งานอย่างยืดหยุ่น Bruner มีความเห็นว่า การเรียนรู้จะให้ง่ายจำต้องเรียนรู้เป็นลำดับขั้นจาก Enactive ไปยัง Symbolic และความรู้นั้นจะต้องสอดคล้องกับลำดับขั้นด้วย (Raffle, 2008)

ทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดของ Vygotsky Vygotsky เป็นผู้บุกเบิกสังคมวัฒนธรรม (sociocultural) ในการเข้าใจกระบวนการพัฒนาการรู้คิดในเด็ก ในงานวิจัยของ Vygotsky ค้นพบความเป็นพลวัตรสำหรับกิจกรรมเกี่ยวกับจิตใจของแต่ละบุคคล Vygotsky พบว่าสังคมและวัฒนธรรม ปฏิสัมพันธ์กันอย่างไรทำให้เกิดแหล่งกำเนิดของการรู้คิด ในความเป็นจริงมีความเชื่อว่าความต้องการของคนเรา ต้องการตอบสนองและสื่อสารกันในบริบทของสังคมวัฒนธรรม ที่ทำให้การรู้คิดของมนุษย์พัฒนาเป็นสติปัญญา และสิ่งนี้ทำให้มนุษย์แตกต่างจากการรู้คิดของสัตว์ สัญลักษณ์และคำต่าง ๆ เป็นสิ่งแรกสำหรับเด็ก และที่สำคัญ ความหมายของสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวเชื่อมในสังคมที่เด็กจะต้องติดต่อกับคนอื่น ๆ การรู้คิดและการสื่อสาร กลายเป็นพื้นฐานใหม่และเหนือกว่ารูปแบบกิจกรรมในตัวเด็ก ซึ่งสิ่งนี้ทำให้เขาเหล่านั้นแตกต่างจากสัตว์ ลักษณะที่โดด

เด่นของผลกระทบสำหรับการปฏิสัมพันธ์กันทางสังคมคือการพัฒนาการรู้คิด Vygotsky แสดงให้เห็นว่า บทบาทกิจกรรมภายนอกมีผลต่อจิตใจภายในสำหรับการสร้างความเข้าใจ ซึ่งส่งผลสะท้อนระหว่างจิตใจภายในและกิจกรรมภายนอก Papert ได้นำหลักการนี้มาใช้และถือเป็นหัวใจของกระบวนทัศน์ คอนสตรักชันนิซึม แม้ว่าผลสะท้อนระหว่างกันของความเป็นพลวัตรระหว่างภายในและภายนอกเป็นวงจรที่ต่อเนื่องจนกลายเป็นวงจรการเรียนรู้ Vygotsky ให้มุมมองที่ชัดเจนเพิ่มเติมถึงองค์ประกอบภายนอก (การแลกเปลี่ยน และประสบการณ์จากการสื่อสาร) เป็นกุญแจสำคัญเบื้องต้นในหลาย ๆ องค์ประกอบ ในการเริ่มต้นขององค์ประกอบภายในผ่านกระบวนการภายใน (process of internalization) (Shaw, 1995)

สรุปแนวคิดของ Vygotsky แนวคิดนี้สนใจในกระบวนการทางสังคมที่ก่อให้เกิดความรู้ Vygotsky พบว่า สังคมและวัฒนธรรม มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างไรทำให้เกิดความรู้ และการรู้คิด โดย Vygotsky เชื่อว่า ความต้องการของคนเรา การตอบสนองและการสื่อสารกันในบริบทของสังคมวัฒนธรรม ทำให้เกิดความรู้และมนุษย์เกิดการพัฒนาสติปัญญา ซึ่งสิ่งนี้ทำให้มนุษย์แตกต่างจากการรู้คิดของสัตว์ บทบาทกิจกรรมภายนอกมีผลต่อจิตใจภายในสำหรับการสร้างความเข้าใจ ซึ่งส่งผลสะท้อนระหว่างจิตใจภายในและกิจกรรมภายนอก เป็นวงจรการเรียนรู้ประสบการณ์โดยไม่มีที่สิ้นสุด Papert ได้นำหลักการนี้มาใช้และถือเป็นหัวใจของกระบวนทัศน์ ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม

ทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดของ Papert Papert ได้นำเสนอวิธีการในการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยอาศัยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้าช่วยในการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นแนวคิดที่เพิ่มเติมจากมุมมองของคอนสตรักติวิซึม ซึ่ง Subject เป็นผู้กระทำการสร้างซึ่งตรงข้ามกับรูปแบบในอดีตสำหรับการพัฒนาการเรียนรู้ที่เรียกว่า อินสตรักชันนิซึม (instructionism)ทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรักชันนิซึมเน้นที่การวิพากษ์วิจารณ์บนพื้นฐานการสร้างสิ่งต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่ภายนอกและแลกเปลี่ยนกันโดยมีวัสดุหรืออุปกรณ์ในการสร้าง Papert (1980) ได้นำเสนอทฤษฎีนี้โดยกล่าวว่า พวกเราเข้าใจทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมในฐานะที่ประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ แต่ไปนอกเหนือจากที่ Piaget เรียกว่า “Constructivism” ตัวอักษร v เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยความรู้สร้างโดยผู้เรียนเอง ไม่ใช่ถูกป้อนโดยครู ส่วนตัวอักษร n จากคำ Constructionism เพิ่มเติมแนวคิดในที่นี้โดยเฉพาะสิ่งที่เหมาะสมเมื่อผู้เรียนสนใจในการสร้างบางสิ่งบางอย่างภายนอกหรืออย่างน้อยแลกเปลี่ยนกัน เช่น การสร้างปราสาททราย หุ่นยนต์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สิ่งเหล่านี้เป็นการนำเราไปสู่รูปแบบการใช้วงจรการสร้างใหม่ของประสบการณ์ การเรียนรู้สำหรับสิ่งที่อยู่ภายในและประสบการณ์ที่อยู่ภายนอก อะไรคือสิ่งที่อยู่ภายนอกและอะไรคือสิ่งที่อยู่ภายใน สลับกันไปมาไม่มีที่

สิ้นสุด สิ่งที่เน้นของทฤษฎีนี้คือ ความสนใจการสร้างภายนอกสำหรับการกระทำของผู้เรียนมีผลกระทบต่อสมองภายในของผู้เรียน ทฤษฎีนี้ได้แสดงให้เห็นการพัฒนาการของเด็กสำหรับการกระทำสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ซึ่งเป็นการสร้างสรรค์ใหม่ของการปฏิสัมพันธ์ เด็กสามารถสะท้อนผลระหว่างประสบการณ์ภายในและภายนอก ประสบการณ์ข้างในนำออกไปผ่านการสร้างและการแลกเปลี่ยนกันภายนอก ซึ่งประสบการณ์ข้างนอกจะปรับประสบการณ์ภายในทำความเข้าใจใหม่ โดยการตีความหมายใหม่ในรูปแบบที่อยู่ภายนอก ซึ่งรูปแบบภายอกจะทำให้เกิดเข้าใจความหมายใหม่ภายใน กระบวนการนี้สามารถกลายเป็นขั้วระหว่างภายนอกกับภายใน ความแตกต่างจากการสร้างและการสร้างสรรค์ของเด็กจะไม่จบสิ้น มุมมองที่สำคัญของทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม คือ การให้โอกาสและบริบทสำหรับกิจกรรมการสร้างสิ่งต่าง ๆ ภายนอก ซึ่งกลายเป็นประสบการณ์ภายใน ดังที่ Papert ได้อธิบายว่า

> …ฉันชอบที่จะหาประเด็นสำคัญทางทฤษฎีขบคิด เช่น คอนสตรักชันนิซึม เปรียบเทียบกับอินสตรักชันนิซึม ซึ่งไม่ได้หมายความว่า อินสตรักชันนิซึมไม่ดีหรือเปล่าประโยชน์ แต่นักการศึกษาได้ให้คุณค่าอินสตรักชันนิซึมมากเกินไปถึงขนาดถือเป็นจุดสำคัญในการเปลี่ยนแปลงการศึกษา แต่ฉันคิดว่าถ้าจะปรับปรุงการเรียนรู้ให้ดีขึ้นน่าจะไม่ได้มาจากการหาวิธีการสอนของครูที่ดีขึ้นแต่น่าจะมาจากการให้โอกาสที่ดีกว่าแก่ผู้เรียนในการสร้างความรู้…

ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม เป็นการเตรียมทางผ่านไปในเส้นทางที่กลไกบางอย่างซ่อนอยู่ในแต่ละคน ซึ่งทำการสร้างสรรค์ผลผลิตและพัฒนาประสบการณ์ และเน้นไปที่ประสบการณ์ภายในและภายนอก สำหรับการสร้างความสัมพันธ์และการสนับสนุนสำหรับการพัฒนา (Shaw, 1995)

Papert มีมุมมองบนพื้นฐานแนวคิดที่ว่า ผู้เรียนอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่รู้และโดยการมองไปที่สถานการณ์และปัญหาภายใต้มุมมองที่แตกต่างกัน การกระทำในลักษณะนี้สามารถเชื่อมสิ่งที่ไม่สามารถเข้ากันได้ให้เข้ากันได้ในวิถีทางการคิดของคนคนหนึ่ง Papert มองสถานการณ์ หรือการเชื่อมต่อทางด้านสติปัญญาของผู้เรียนในสถานการณ์เป็นกุญแจสำคัญของการเรียนรู้กับปรากฏการณ์ภายใต้การศึกษา นอกจากนั้น Papert ยังเน้นให้เห็นว่า การเรียนรู้ที่ดีที่สุดคือการลงมือทำ แต่พวกเราจะเรียนรู้ได้ดีกว่าอีก ถ้าพวกเราผสมผสานการทำของเรากับการพูดและการคิดเกี่ยวกับอะไรที่เราทำ (Papert, 1999)

Bourgoin (1990) มีมุมมองต่อทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม โดยเชื่อว่า ทุกคนเรียนรู้โดยการสร้างใหม่ของความรู้และกระบวนการนี้จะง่ายเมื่อทำในบริบทสำหรับการสร้างวัตถุอย่างมีความหมาย ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม เป็นการสังเคราะห์จากทฤษฎีคอนสตรักติวิส (constructivist) สำหรับนักจิตวิทยาพัฒนาการ และเสนอโอกาสโดยเทคโนโลยี ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานการศึกษาสำหรับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในกิจกรรมที่นักเรียนกำลังสร้างความเข้าใจง่าย ๆ มากกว่าการรับข้อมูลหรือข้อเท็จจริงโดยปราศจากบริบทในสิ่งซึ่งเขาสามารถที่จะใช้มันและเข้าใจมันในทันทีในบริบทนั้น ๆ ไม่ต้องรอที่จะใช้และเข้าใจในอนาคต

นอกจากนั้น Shaw (1995) ยังได้ให้ความเห็นว่าทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม เป็นปรัชญาทางการศึกษาซึ่งยืนยันว่าคนเราเรียนรู้ได้ดีเมื่อสนใจในการสร้างสิ่งประดิษฐ์อย่างมีความหมายด้วยการสร้างสิ่งเหล่านั้นด้วยตัวเขาเองอย่างมีความหมาย และแลกเปลี่ยนสิ่งนั้นกับคนอื่น ๆ ในกลุ่มหรือผู้ที่มีความสนใจเหมือนกัน ด้วยการสร้างสิ่งประดิษฐ์ภายนอก จะมีอิทธิพลและการสะท้อนกลับต่อการสร้างความรู้ภายในสมองคน ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม มีรากฐานจาก คอนสตรักติวิซึม ของ Piaget ทฤษฎีของ Piaget อธิบายว่าความรู้เกิดการสร้างขึ้นได้อย่างไรในสมองของคนเรา ส่วน Papert อธิบายว่า บทบาทของการสร้างสิ่งต่าง ๆ เป็นส่วนที่สนับสนุนสิ่งที่อยู่ในสมอง ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม นำมุมมองของทฤษฎีความรู้มาใช้โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะทำความเข้าใจธรรมชาติการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างไรเหมือนกับทฤษฎีคอนสตรักติวิซึม แต่ด้วยมุมมองที่มองที่การผลิตจึงทำให้เปลี่ยนมุมมองการเรียนรู้ของคน สำหรับการเรียนรู้ในลักษณะนี้เน้นการใช้คอมพิวเตอร์ในฐานะที่เป็นเครื่องมืออันทรงพลังสนับสนุนวิถีทางใหม่สำหรับการคิดและการเรียนรู้ อีกหลักการหนึ่งของทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมต้องการสร้างชุมชนผู้เรียนที่จะแลกเปลี่ยนแนวคิดของโครงงานหรือการสำรวจต่าง ๆ ซึ่งบางคนใช้ face-to-face บางคนใช้ on-line ชุมชนทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมให้โอกาสมากสำหรับแต่ละคนสำหรับการเรียนรู้การสร้างสรรค์ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่น่าพอใจและบางครั้งสนับสนุนเครือข่ายการเรียนรู้

ส่วน Martin (1994) ได้อธิบายถึงทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมว่า เน้นการจัดสภาพแวดล้อมและจัดเครื่องมือ (tools) ให้กับเด็กได้สร้างความรู้ซึ่งการจัดสภาพแวดล้อมเหมือนกับการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศสในประเทศฝรั่งเศส และการมีเครื่องมือให้เด็กได้ใช้ซึ่งได้แก่ เลโก้โลโก ส่วนการจัดสภาพแวดล้อมจะใช้คอมพิวเตอร์ซึ่งคือ ภาษาโลโก (logo) โดยภาษานี้ให้ความแตกต่างไปจากภาษาอื่น ๆ 2 ประการ 1) เป็นการโปรแกรมในลักษณะปฏิสัมพันธ์ (interactive) และ 2) เป็นการกระทำไม่ใช่เฉพาะการจัดกระทำเฉพาะข้อมูลแต่เป็นการกระทำที่ใช้ตัวเองมีส่วนร่วมด้วย เป็นการคิดกับ

ตัวเอง เต่าในโลโกจะให้เด็กเล่นสนุกและคุ้นเคยกับวัตถุที่ถือว่าอยู่ในความคิดเขา เมื่อเขาคิดเกี่ยวกับวัตถุเขาจะมีพฤติกรรมอย่างไรในงานวิจัยของ Martin จะสร้าง Programable Bric และศึกษา Programable Bric กับเด็ก ๆ

นอกจากนั้น Resnick (1992) ยังได้อธิบายแนวคิดนี้คือ การเรียนรู้ผ่านการออกแบบ (learning-by –design) คืออีกด้านหนึ่งที่ Papert เรียกว่า คอนสตรักชันนิซึม เป็นการเข้าสู่การเรียนรู้และการศึกษา ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม เป็นการยืนยันว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการ Active Process ในบุคคลที่กระทำกิจกรรมในการสร้างความรู้จากประสบการณ์ของเขาในโลก (แนวคิดตั้งอยู่บนพื้นฐาน คอนสตรักติวิซึม ของ Piaget) ซึ่งในที่นี้ ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม ได้เพิ่มเติมแนวคิดในการสร้างความรู้ใหม่ของบุคคลที่มีประสิทธิ์ภาพ เมื่อเขาสนใจในการสร้างผลิตภัณฑ์อย่างมีความหมายสำหรับตัวเขาเอง เขาอาจสร้าง ปราสาททราย เลโก้โลโก หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สิ่งสำคัญคืออะไรที่เขากระทำด้วยความสนใจในการสร้างบางสิ่งบางอย่างที่มีความหมายต่อตัวเขาและคนอื่น ๆ รอบตัวเขา Papert เปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างกับการสอนว่า การสอนนั้นมักจะเน้นไปที่วิถีทางใหม่สำหรับครูที่จะสอน ส่วน ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม จะเน้นไปที่วิถีทางใหม่สำหรับผู้เรียนที่จะสร้างทั้งสองอย่างมีความสำคัญแต่ Papert ให้ความสำคัญการสร้างความรู้ คือ ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมไม่ใช่ อินสตรักชันนิซึม Papert เสนอว่าสิ่งที่ท้าทายสำหรับนักการศึกษาและนักพัฒนาการศึกษาคือการสร้างสรรค์เครื่องมือและสภาพแวดล้อมที่กระตุ้นผู้เรียน คือ 1) การสร้าง 2) ประดิษฐ์ 3) การทดลอง กระบวนการที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 2 อย่างสำหรับการออกแบบ คือ 1) นักการศึกษาจะต้องออกแบบสิ่งต่างๆ ที่อนุญาตให้นักเรียนออกแบบและสร้างสิ่งต่าง ๆ 2) ให้โอกาสนักเรียนในการคิดและสร้างสรรค์

ส่วน Bers (2001) ได้อธิบายการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเกิดขึ้นผ่านการออกแบบและการสร้างสำหรับวัตถุที่ผู้เรียนสนใจอย่างลึกซึ้ง ซึ่ง Papert อธิบายว่าห้องเรียนคณิตศาสตร์ควรเป็นเหมือนห้องเรียนศิลปะการแกะสลักสบู่ที่นักเรียนจะเกี่ยวข้องกับการออกแบบตามจิตนาการของเขา ส่วนวิชาคณิตศาสตร์กิจกรรมจะเตรียมประสบการณ์เรียนรู้ของผู้เรียนที่ซึ่งเด็กควรจะเรียนรู้ และสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งไม่มีความสอดคล้องกับแต่ละคนและสไตล์ของแต่ละคนอีกความสำคัญหนึ่งคือ โอกาสสำหรับผู้เรียนที่สะท้อนกระบวนการเรียนรู้ของตนเองไม่ใช่เฉพาะการค้นหาแบบแผนการสร้างใหม่ แต่เป็นการอธิบายชัดเจนเกี่ยวกับแนวคิดเขา เมื่อมีการแลกเปลี่ยนกับคนอื่น ๆ ถึงการสร้างสรรค์และการประยุกต์ความรู้ที่สร้างขึ้นเอง คำถามปลายเปิดและการรู้คิดของสังคมวัฒนธรรม เข้ากับเครื่องมือและการให้เด็ก ๆ หรือผู้เริ่มต้นสนใจกับเนื้อหาอย่างรวดเร็วและสไตล์การ

เรียนรู้เขา สิ่งทั้งหลายเหล่านี้คือ ศูนย์กลางของทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม Papert มีมุมมองต่อแนวคิดที่ว่า ผู้เรียนถลำไปยังสถานการณ์ที่ไม่รู้และโดยการมองที่สถานการณ์และปัญหาด้วยมุมมองที่แตกต่างกัน Papert มองไปที่สถานการณ์ที่กุญแจสำคัญของการเรียนรู้ คือการกลายเป็นส่วนหนึ่งกับปรากฏการณ์ภายใต้สิ่งที่ศึกษาทั้ง Papert และ Piaget มีมุมมองต่อการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างความจริงที่ว่า เด็กสร้างเครื่องมือการรู้คิดด้วยตนเอง สำหรับสิ่งที่อยู่ภายนอกที่เป็นจริง เขาเหล่านั้นแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน ซึ่งเป็นการเพิ่มมุมมองการสร้างความรู้ ส่วนที่แตกกันคือ Piaget .ให้ความสนใจในการสร้างโครงสร้างทางสติปัญญาภายในที่มีเถียรภาพเป็นอย่างไร ส่วน Papert สนใจพลวัตรสำหรับการเปลี่ยนแปลงระหว่างภายในและภายนอกเป็นอย่างไร

ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมมีจุดเด่นในเรื่องของ การใช้เทคโนโลยีช่วยในการเรียนรู้และสร้างสรรค์สติปัญญาโดยแนวคิดของ Papert ที่ว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นได้อย่างไรและดิจิทัลเทคโนโลยีสามารถปรุงแต่งอย่างไรในกระบวนการเรียนรู้ ดังนั้นองค์ประกอบพื้นฐานกิจกรรมการเรียนรู้ จึงเน้นไปที่ การทำ (making) การสร้าง (building) สิ่งประดิษฐ์ที่มีความหมายเฉพาะตัว (Sipitakiat, 2007)

นอกจากนั้น Papert เสนอว่า บุคคลเรียนรู้ได้ดีที่สุดผ่านกระบวนการสร้างสิ่งประดิษฐ์ซึ่งนานมากก่อนจะเสนอคำว่า ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม ความจริงแล้ว Papert อธิบายว่า คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่ทรงพลังสามารถช่วยให้เด็กสร้างและเป็นผู้เรียนรู้ (Millner, 2005)

หลักการของทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม คือ การสร้างกิจกรรมของผู้เรียนและการสร้างใหม่ของความรู้จากประสบการณ์ของเขาในโลก เป็นการเน้นที่ผู้เรียนสนใจในการสร้างวัตถุ ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม แตกต่างจากทฤษฎีอื่น ๆ ตรงที่ทฤษฎีอื่น ๆ จะกล่าวถึงเฉพาะความรู้ที่ได้รับ แต่ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมให้ความสำคัญกับบทบาทของผลกระทบ ผู้เรียนมีสติปัญญาจากการที่เมื่อเขาทำงานกับกิจกรรมและสร้างโครงงานอย่างมีความหมายเฉพาะบุคคล รูปแบบความสัมพันธ์กับความรู้เป็นสิ่งที่สำคัญในฐานรูปแบบใหม่ในการแสดงความรู้ โดยเน้นที่ความหลากหลาย เน้นที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมต่อกันของความรู้ ในวิถีทางที่แตกต่างกัน สภาพแวดล้อมการเรียนรู้สนับสนุนสไตล์ที่หลากหลาย และการแสดงความรู้ในสไตล์ที่หลากหลาย (Kaifai and Resnick, 1996)

ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมเริ่มต้นกับทฤษฎีของ Piaget คือ คอนสตรักติวิซึม ซึ่งสภาวะผู้เรียนกระทำกิจกรรมการสร้างความรู้ด้วยตัวเขาเอง ผู้เรียนไม่ได้รับมาจากครูหรือว่าผู้เรียนมีแต่ความว่างเปล่า ผู้เรียนกระทำการวิเคราะห์กิจกรรมที่เขาเห็น และทำการดูดซึมประสบการณ์การสังเกตและนำ

ข้อมูลเหล่านั้นไปยังรูปแบบความรู้หรือความคิดที่มีมาก่อนหน้านั้น หรือบางครั้งต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างทางปัญญาไปยังการสังเกตและรับข้อมูลใหม่ที่ไม่สัมพันธ์กันกับความรู้ที่ได้รับมาก่อนหน้านี้ Papert นำ คอนสตรักติวิซึม มาเพิ่มเติม และเรียกว่า ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม Papert กล่าวว่า วิถีทางที่ดีที่สุดของผู้เรียนคือ การสร้างความรู้ด้วยการสร้างสิ่งต่างๆ การออกแบบและการสร้างสิ่งต่าง ๆ มีวิถีทางที่มากมายและหลากหลายในการปฏิสัมพันธ์กับวัตถุและแนวคิด ผู้เรียนจำเป็นต้องมีแนวคิดเกี่ยวกับการคิด เกี่ยวกับการสร้างบางสิ่งบางอย่าง (Resnick, Rusk and Cooke, 1998)

สรุป ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม หมายถึง ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการลงมือสร้าง โดยมีวัตถุช่วยคิด ช่วยในการสร้างสิ่งต่าง ๆ ที่มีความหมายต่อผู้สร้างเองและผู้อื่นรอบ ๆ ต่อผู้สร้าง อีกทั้งจะต้องแลกเปลี่ยนความรู้ที่เกิดขึ้นจากการสร้างนั้นกับคนอื่น ๆ ด้วยวงจรการเรียนรู้ระหว่างประสบการณ์ภายในกับภายนอก

ผลจากการใช้ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมทำให้เกิดแนวคิดและทฤษฎีเพิ่มขึ้นดังนี้

ทฤษฎีความรู้แบบพหุนิยม (epistemological pluralism) เป็นทฤษฎีที่นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับสไตล์ของสติปัญญาโดย Turkle และ Papert สำหรับการประยุกต์ใช้แนวคิด การเรียนรู้โดยคอนสตรักชันนิซึม ในการวิจัยเกี่ยวกับนักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Turkle และ Papert ได้แสดงให้เห็นว่านักออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีสไตล์สติปัญญาที่แตกต่างกัน ซึ่งเรียกว่านักวางแผน (planner) กับนักคิดไปทำไป (bricoleur) นักคิดไปทำไปมีลักษณะคล้ายคลึงกับจิตรกรผู้ซึ่งยืนอยู่ระหว่างรอยป้ายของพู่กันที่ผ้าใบและมองไปที่ผ้าใบ หลังจากนั้นเขาก็มุ่งมั่นตัดสินใจว่าอะไรที่จะทำต่อไป ส่วนนักวางแผน การข้ามขั้นตอนหมายถึงความผิดพลาดไม่สามารถทำอะไรต่อไปได้ นักคิดไปทำไปมีเป้าหมายแต่การเริ่มต้นเข้าสู่ความจริงของเขาโดยจิตวิญญาณของการท้าท้ายร่วมกัน ขณะที่ลำดับขั้น (hierarchy) และนามธรรม (abstraction) เป็นสิ่งที่มีคุณค่าสำหรับนักวางแผน นักคิดไปทำไปชอบที่จะเจรจาพูดคุยและปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสิ่งใหม่ ๆ เสมอ Turkle และ Papert ยอมรับว่านักวิทยาศาสตร์ นักคอมพิวเตอร์และนักศึกษาระดับปริญญาโทมีทักษะทางด้านของการคิดไปทำไป ซึ่งแน่นอนว่าวัฒนธรรมของนักโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เชี่ยวชาญ วัฒนธรรมของนักแฮกเกอร์มีสไตล์คิดไปทำไปเป็นของตัวเอง การศึกษาของทั้งสองจะโฟกัสไปที่กิจกรรมการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในฐานะที่มีประสบการณ์ของนักโปรแกรมเมอร์ และแสดงให้เห็นถึงแรงกดดันของวัฒนธรรมทำให้มีรูปแบบการคิดที่แตกต่างกัน ทั้งสองได้อภิปรายถึง การประยุกต์ใช้แนวคิดทั้งสอง

รูปแบบในการพัฒนาสติปัญญาในด้านของวิศวกรรม และการออกแบบที่แสดงให้เห็นในระดับมหาวิทยาลัย (Turkle and Papert, 1990)

การออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏ (emergent design) การออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏนี้นำเสนอโดย David Cavallo ซึ่ง Cavallo ได้แสดงให้เห็นในโครงการประภาคารปัญญา (Lighthouse) เป็นโครงการที่พยายามที่จะปฏิรูปการศึกษานอกโรงเรียนในประเทศไทย โดยการสร้างสรรค์สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยี โดยการแสดงตัวอย่างการออกนอกกล่อง (out-of-the-box) สำหรับการเรียนรู้โดยแนวคิด คือ การสร้างตัวอย่างในตัวอย่าง (design all the way down) สำหรับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้และการใช้เทคโนโลยี โดยการออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้จากกระบวนการที่ปรากฏจากการปฏิสัมพันธ์สำหรับผู้เรียน โครงการประภาคารปัญญาเน้นที่วัฒนธรรมสำหรับความเชี่ยวชาญเทคโนโลยี ซึ่งแสดงให้เห็นชัดเจนว่า ในฐานะบุคคลผู้ซึ่งปกติแล้วคือ แฮกเกอร์ (hacker) ในการใช้เทคโนโลยีในไร่นาของเขา และเครื่องจักรกลที่เป็นเครื่องมือในการถ่ายโยง (transferred) จิตวิญญาณของการคิดไปทำไป (bricoleur) ไปยังประสบการณ์เรียนรู้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการเริ่มต้นสร้างสไตล์เรียนรู้ของตัวเอง ในกรณีของโครงการประภาคารปัญญาเป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีความรู้ทางด้านมานุษยวิทยา (epistemological anthropology) ซึ่งประกอบไปด้วยทักษะและความรู้ซึ่งฝังอยู่ในชุมชน และใช้สิ่งเหล่านี้ในฐานะเป็นสะพานเชื่อมไปยังบริบทใหม่สำหรับการพัฒนา การวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ นำมาซึ่งวัฒนธรรมเครื่องจักรกล (engine culture) ในชนบทของไทยในฐานะที่คนไทยไม่ยอมรับศักยภาพการเรียนรู้ของตนเองและการประยุกต์เทคโนโลยีชนบทของตนเอง (Cavallo, 2000)

การออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏ เป็นการออกแบบซึ่งกรอบทฤษฎีเน้นการประยุกต์ทฤษฎีความรู้เพื่อการสืบสวนทักษะและความรู้ที่ฝังตัวอยู่ในพื้นที่การเรียนรู้ของชุมชน คล้ายกับการส่องไฟไปบนความต้องการที่จะศึกษาบนโลกของการออกแบบ Cavallo ได้ประยุกต์แนวคิดของการออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏในการสร้างการประยุกต์ (applications) ต่าง ๆ และนอกจากนั้นในผลงานวิจัยของ Sipitakiat ได้แสดงให้เห็นว่าการออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏสามารถที่จะใช้ในการสร้างเครื่องมือ (tools) ได้ด้วย (Sipitakiat, 2000)

สรุป การเรียนรู้จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม จากภาพที่ 2.24 แสดงแนวคิดของ Piaget, Bruner, Vygotsky และ Papert ทำให้เกิดความเข้าใจต่อมุมมองในการจัดการเรียนรู้ที่ความรู้มาจากการสร้างด้วยตนเอง โดยแนวคิดของ Piaget ได้อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในสมอง เมื่อมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์

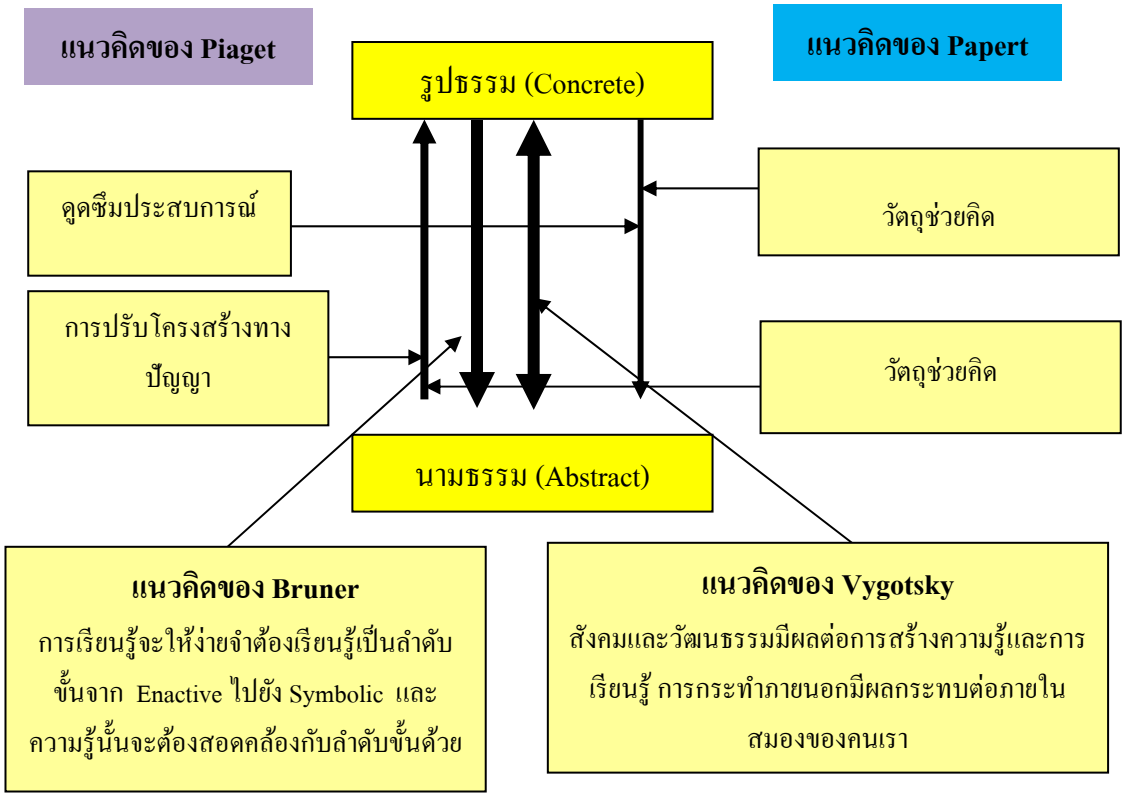
กับสิ่งแวดล้อมล้อม Piaget ได้อธิบายการเกิดโครงสร้างของความรู้ (schema) ในสมองหรือการดูดซึมความรู้เก่าเข้ากับความรู้ใหม่นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไรหรืออธิบายง่าย ๆ คือ การสร้างสิ่งที่เกิดจากรูปธรรมไปยังสิ่งที่เป็นนามธรรมได้อย่างไร Piaget เรียกการกระทำนี้ว่าการสร้างจาก Concrete ไปยัง Formal และในกรณีที่ความรู้ใหม่ไม่สามารถเข้ากับความรู้เก่าได้จะมีการทำความเข้าใจต่อความรู้นั้นใหม่นั้นคือ กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา เป็นการสร้างความรู้ใหม่ต่อสิ่งนั้นการสร้าง Schema ใหม่กับสิ่งแวดล้อมนั้นหรือการอธิบายง่าย ๆ คือ การสร้างจากนามธรรมใหม่ภายในไปยังรูปธรรมภายนอกเพื่อให้เกิดความเข้าใจใหม่กับสิ่งแวดล้อมภายนอกนั้น

Bruner ได้อธิบายต่อจาก Piaget ว่า ความรู้ที่จะเรียนรู้นั้นนอกจากเป็นลำดับขั้นเหมือนแนวคิดของ Piaget แล้ว ความรู้นั้นจะต้องสอดคล้องกับลำดับขั้นด้วย อีกทั้งการเรียนรู้จะให้ง่ายจะต้องเรียนรู้จาก Enactive ไปยัง Symbolic

แต่สำหรับ Papert ได้รับอิทธิพลแนวคิดจาก Piaget และ Vygotsky แต่มีมุมมองที่แตกต่างในเรื่องของการพัฒนาสติปัญญาของมนุษย์ Papert มีความเชื่อว่ามีปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การพัฒนาสติปัญญาไม่เป็นลำดับขั้นได้และสามารถสร้างความรู้และวิถีทางการเรียนรู้ที่แตกต่างออกไปคือ วัตถุช่วยคิด Papert อธิบายว่าวัฒนธรรมของเราขาดซึ่งวัตถุในการสร้างมโนทัศน์ง่าย ๆ และเป็นรูปธรรม วัตถุช่วยคิดนี้สามารถที่จะทำให้เกิดการดูดซึมประสบการณ์ และปรับโครงสร้างทางปัญญา อย่างเป็นรูปธรรมและรวดเร็ว การเรียนรู้เกิดจากการสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ โดยเน้นที่ผู้สร้างจะต้องมีวัตถุในการสร้างสรรค์ ซึ่งถ้ามองจากแนวคิดของทั้งสองทฤษฎี จะพบว่าทั้งสองแนวคิดพยายามที่จะสร้างความรู้ระหว่างรูปธรรมและนามธรรม

สำหรับ Vygotsky แล้ว สังคมและวัฒนธรรมมีผลต่อการเรียนรู้ของมนุษย์และสิ่งเหล่านี้ทำให้มนุษย์แตกต่างจากสัตว์และที่สำคัญ Vygotsky พบว่าการกระทำภายนอกทางด้านสังคมและวัฒนธรรมมีผลต่อความรู้หรือประสบการณ์ที่อยู่ภายใน การสร้างความรู้เป็นผลมาจากประสบการณ์ภายนอกมีผลต่อประสบการณ์ภายในและประสบการณ์ภายในเมื่อนำออกมาแลกเปลี่ยนกับคนอื่น ๆ จะทำให้ความเข้าใจประสบการณ์เปลี่ยนไปและวงจรนี้จะสลับกันไปมาไม่มีที่สิ้นสุด

ในงานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดของทั้ง 4 คน มาใช้ในการสร้างลอจิกบล็อกและใช้งานลอจิกบล็อกเพื่อให้ผู้เริ่มต้นได้พัฒนาองค์ความรู้ที่อยู่ในรูปธรรมไปสู่องค์ความรู้ที่เป็นนามธรรม



ภาพที่ 2.31 แสดงแนวคิด Piaget, Bruner, Vygotsky และ Papert

2.2.3 การจัดกระทำดิจิทัล

ในทศวรรษที่ผ่านมามีเทคโนโลยีมากมายสนับสนุนการเรียนรู้ และมีอิทธิพลมากสำหรับบ่มเพาะนักวิจัยทางด้านคอนสตรักชันนิส (constructionist) โดยเฉพาะกลุ่มวิจัยที่ MIT Media Lab ได้พัฒนาเทคโนโลยีใหม่สำหรับเด็กซึ่งเรียกว่า Digital Manipulatives และยกระดับการเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว (embedded computer) และการจำลอง (simulation) ต่าง ๆ ในการเรียนรู้ใหม่ กลุ่มวิจัยนี้ยังได้ตั้งความหวังในอนาคตที่จะให้มีเทคโนโลยีใหม่ ๆ การประยุกต์ใช้งานใหม่ ๆ และการเรียนรู้แบบใหม่ เพราะการประยุกต์แนวคิดในวิถีทางใหม่สามารถนำมาซึ่งเทคโนโลยีใหม่ได้ (Zukerman and Resnick, 2003)

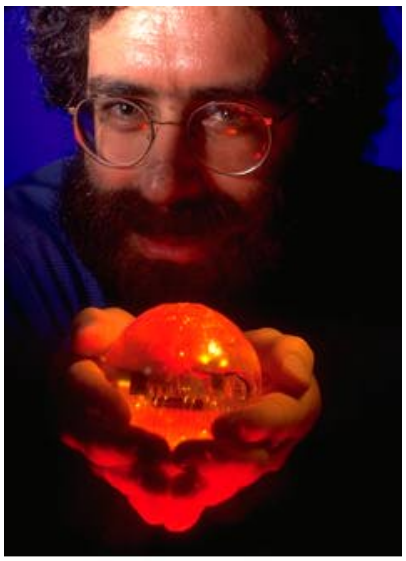
การจัดกระทำ (manipulatives) เป็นแนวคิดที่ช่วยให้เด็กเรียนรู้มโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมผ่านการลงมือทำที่สามารถใช้เพื่อแสดงหรือแทนรูปแบบของปัญหา สถานการณ์ หรือ การพัฒนามโนทัศน์ทางด้านคณิตศาสตร์ การจัดกระทำดิจิทัล (digital Manipulatives) ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ผ่าน

การลงมือทำ แต่ได้เพิ่มเติมโดยการฝังชิพคอมพิวเตอร์เข้าไปในวัตถุ เพื่อที่จะทำให้เกิดมโนทัศน์ที่ชัดเจน และสามารถควบคุมการสั่งการได้ ถ้ามโนทัศน์ของ Manipulatives ในอดีต คือ ตัวเลข รูปเหลี่ยม สี พื้นที่ พื้นผิว เมื่อกลายเป็น Digital Manipulatives จะเป็น พลังงาน ความเร็ว สังคม เครือข่าย การป้อนกลับและการควบคุม การติดต่อสื่อสาร ความแตกต่างของเรขาคณิตและพฤติกรรมของระบบควบคุม (Zukerman, 2004)

ในปี ค.ศ. 1998 Resnick และ นักวิจัยที่ Lifelong Kindergarten group ที่ MIT Media Lab ได้แนะนำชุด Digital Manipulatives ที่ยกระดับของเล่นในอดีต ได้แก่ ลูกปัด ลูกบอล และเหรียญ ได้ให้เด็กได้สำรวจแนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ของเด็กและผู้ใหญ่ก็มีลักษณะคล้ายกัน ยกตัวอย่างโปรแกรมลูกปัด แสดงดังภาพที่ 2.32 จะทำให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์ระบบพลวัตรของรูปแบบการเคลื่อนไหวไฟและกระบวนการเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นแล้วแต่จะจิตนาการ

ภาพที่ 2.32 แสดงลูกปัดดิจิทัล
ที่มา : Resnick et al, 1998

ส่วนลูกบอลหรือลูกบอลดิจิทัล (bitball) แสดงดังภาพที่ 2.33 เป็นโปรแกรมลูกบอลที่ภายในบรรจุด้วยชิพคอมพิวเตอร์และเซ็นเซอร์ความเร็ว เพื่อใช้วัดความเร็วในเวลาที่แตกต่างกัน ภายในลูกบอลสามารถแสดงเสียงและแสงได้ เด็กสามารถเปลี่ยนแปลงโปรแกรมลูกบอลด้วยตนเองในกระบวนการเล่นและโปรแกรมเด็กสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ สำหรับการเล่นในวิธีที่แตกต่างกัน Resnick ได้พบว่า กลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยก็สามารถใช้ลูกบอลดิจิทัลในการทดลองทางฟิสิกส์ในห้องเรียนเพื่อหาความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวิถีโค้ง และสามารถเข้าใจความเร็วของวัตถุในอากาศได้ (Resnick et al, 1998)



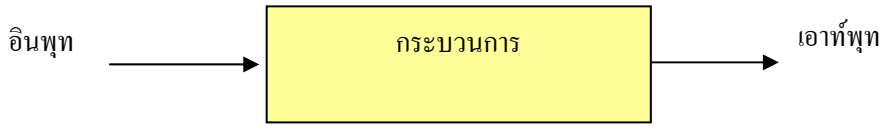
ภาพที่ 2.33 แสดงลูกบอลดิจิทัล
ที่มา : Resnick et al, 1998

2.3 ระบบควบคุมพื้นฐาน (Basic of control system)

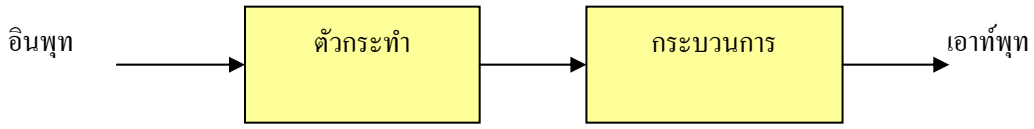
วิศวกรรมจะเกี่ยวข้องกับการเข้าใจและการควบคุมวัตถุและแรงในธรรมชาติเพื่อใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อมวลมนุษย์ วิศวกรรมควบคุมจะเกี่ยวข้องกับความเข้าใจและการควบคุม สภาพแวดล้อมของสิ่งเหล่านั้น ซึ่งสองเป้าหมายนี้เป็นสิ่งที่วิศวกรรมมีความเกี่ยวข้องโดยเฉพาะวิศวกรรมควบคุม วิศวกรรมควบคุมอยู่บนพื้นฐานทฤษฎีการป้อนกลับ (feedback theory) การวิเคราะห์ระบบลิเนียร์ (liner analysis) ทฤษฎีเครือข่าย (network theory) และทฤษฎีการสื่อสาร (communication theory) ดังนั้นวิศวกรรมควบคุมไม่ได้จำกัดอยู่ที่สาขาวิชาใดวิชาหนึ่งแต่สามารถที่จะประยุกต์ได้ในทุกสาขา เช่น เคมี เครื่องจักรกล สภาพแวดล้อม ประชากร วิศวกรรมไฟฟ้า เป็นต้น บ่อยครั้งระบบควบคุมประกอบด้วย ระบบไฟฟ้า กลไก และ องค์ประกอบเคมี นอกจากนั้นได้มีการประยุกต์แนวคิดของวิศวกรรมควบคุมในวงการธุรกิจ การจัดการ สังคม เพื่อเพิ่มความสามารถในการควบคุมอีกด้วย (Dorf and Bishop, 2001)

ระบบควบคุมหมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างกันและกันขององค์ประกอบโครงสร้างของระบบที่จะเป็นการจัดเตรียมการตอบสนองระบบที่ต้องการ พื้นฐานการวิเคราะห์ระบบจะใช้หลักการทฤษฎีลิเนียร์ในการวิเคราะห์ ซึ่งสมมติฐานของระบบจะหมายถึง สาเหตุ-ผลกระทบ (cause-effect) ของความสัมพันธ์ขององค์ประกอบระบบ ดังนั้นองค์ประกอบหรือกระบวนการควบคุมสามารถแทนได้ดังภาพที่ 2.34 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุทซึ่งเป็นการแสดงถึง

ความสัมพันธ์ของสาเหตุ-ผลกระทบสำหรับกระบวนการ กระบวนการง่าย ๆ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท

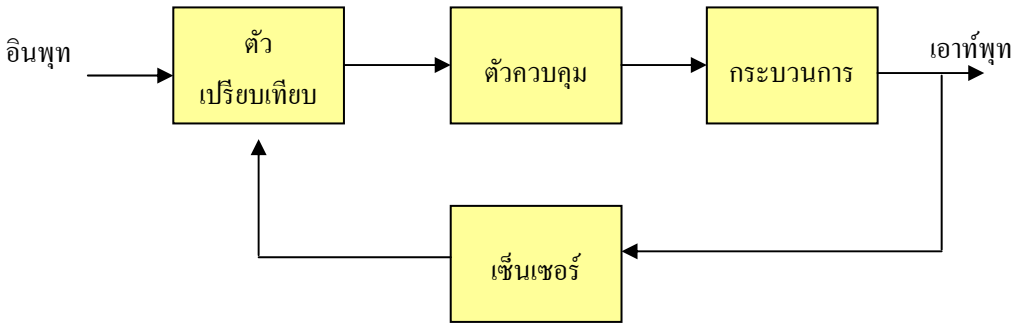


ภาพที่ 2.34 แสดงความสัมพันธ์อินพุทและเอาท์พุท



ภาพที่ 2.35 แสดงระบบควบคุมแบบเปิด

ระบบควบคุมแบบลูปเปิด ดังภาพที่ 2.35 ระบบจะปราศจากการป้อนกลับ ซึ่งแตกต่างจากระบบควบคุมแบบลูปปิดตรงที่ระบบควบคุมแบบลูปปิดมีการป้อนกลับสัญญาณเอาท์พุทมาเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการให้ผลลัพธ์เอาท์พุทเป็นไปตามที่ต้องการ แสดงดังภาพที่ 2.36 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับบ่อยครั้งใช้ทำหน้าที่ในการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอาท์พุทและอ้างอิงอินพุทเพื่อควบคุมกระบวนการ ความแตกต่างระหว่างเอาท์พุทสำหรับกระบวนการภายใต้การควบคุม และการอ้างอิงอินพุทเป็นการขยายและใช้ควบคุมกระบวนการ เพื่อลดความแตกต่างของเป้าหมายที่ผิดพลาดให้เป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งกระบวนการป้อนกลับนี้เราเรียกว่า การป้อนกลับแบบลบ ในที่นี้หมายถึงลดความผิดพลาดที่ผิดพลาดไปจากเป้าหมายเท่าไร มโนทัศน์ของระบบป้อนกลับเป็นหลักการที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ระบบควบคุม และการออกแบบ



ภาพที่ 2.36 แสดงระบบควบคุมแบบปิด

ที่มา: (Dorf and Bishop, 2001)

ปัจจุบันทฤษฎีระบบควบคุมสมัยใหม่ จะเกี่ยวข้องกับระบบที่ควบคุมตัวเองได้ มีความเที่ยงตรง เชื่อถือได้และมีคุณภาพสูง การควบคุมในกระบวนการอุตสาหกรรมจะควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติมากกว่าการควบคุมด้วยมือ (manual) ระบบควบคุมนี้เรียกว่าระบบอัตโนมัติ ระบบนี้จะแยกออกไปเป็นสองลักษณะคือ ระบบควบคุมแบบลูปเปิดและระบบควบคุมแบบลูปปิด สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้แนวคิดของระบบควบคุมพื้นฐานใน 3 ลักษณะ คือ 1) การควบคุมหุ่นยนต์ด้วยมือ 2) การควบคุมแบบลูปเปิด 3) การควบคุมแบบลูปปิด

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

McNerney (2000) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทำอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการโปรแกรมและง่ายต่อการจัดกระทำโดยตรงในโลกความเป็นจริง มากกว่าการจัดกระทำกับภาพเสมือนจริงภายในจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้อาศัยหลักการ การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ ในการเชื่อมต่อระหว่างโลกเสมือนจริงเกิดจากภาพในจอคอมพิวเตอร์กับโลกทางกายภาพจริงโดยให้เราสามารถจัดกระทำกับข้อมูลข่าวสารดิจิทัลโดยตรงด้วย 2 มือ McNerney ได้เสนอ Tangible Programming Bricks ซึ่งเป็นบล็อกคำสั่งที่สามารถจับต้องได้ สำหรับการสร้างโปรแกรมแบบง่าย ๆ โดยได้ออกแบบโปรแกรมในการควบคุมอุปกรณ์ในชีวิตประจำวัน ตั้งแต่รถของเล่นจนกระทั่งสิ่งของในครัว ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถที่จะทำให้ผู้เริ่มต้นเข้าใจการเขียนโปรแกรมได้อย่างง่าย ๆ ภายใต้สมมติฐานที่ว่า โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ ง่ายที่จะเข้าใจ จดจำ อธิบายให้คนอื่นเข้าใจได้ง่าย และสามารถร่วมกันโปรแกรมได้

Zukerman (2004) ได้ทำการศึกษาระบบบล็อก (system Block) การเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ของระบบผ่านรูปแบบการลงมือกระทำและการจำลองโดยมีวัตถุประสงค์คือ ต้องการจำลองสภาพแวดล้อมที่ง่ายในการแนะนำแนวคิดเกี่ยวกับระบบ การกระทำเกี่ยวกับมโนทัศน์ของระบบ ผลการวิจัยพบว่า ระบบบล็อกช่วยให้เด็กอายุ 5 ขวบสามารถเข้าใจระบบพลวัตรเช่น Net-Flow, Feedback Loop ซึ่งมีสอนในวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยเท่านั้น และระบบบล็อกนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบอื่น ๆ ได้ด้วยเช่น ธุรกิจ เป็นจำลองการดำเนินธุรกิจ และระบบอุตสาหกรรม

Zuckerman (2007) ได้ทำการศึกษาการทำความเข้าใจระบบพลวัตร (system dynamic) รอบ ๆ ตัวในชีวิตประจำวันโดยได้ออกแบบรูปแบบภาษาใหม่ซึ่ง เรียกว่า Flowness และ FlowBlock โดยที่ Flowness เป็นการผสมผสานกันของภาษาการคิดอย่างมีระบบกับการจำลองของภาษาคอมพิวเตอร์

ที่สามารถทำให้ผู้ใช้งานศึกษาด้วยตนเองได้ ส่วน FlowBlock เป็นการออกแบบเทคโนโลยีที่สัมผัสและรู้สึกได้ในการเรียนรู้ โดยออกแบบมาจากแนวคิดของวัตถุการจัดกระทำทางการศึกษาของ Froebel และ Montessori FlowBlock สร้างจากบล็อกไม้ที่ภายในมีไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ภายในโดยแสดงผลด้วยหลอด LED ผลการวิจัยพบว่า FlowBlock สามารถทำให้เด็กในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาสามารถเข้าใจ มโนทัศน์ การคิดอย่างมีระบบ ในเรื่องของ Inflows Stocks Outflow Positive Feedback และ Nagative Feedback นอกจากนั้น Flowness และ FlowBlock ยังทำให้ เด็กเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน พัฒนาความเข้าใจได้เองสำหรับระบบพลวัตรภายในชีวิตประจำวัน

Ullmer (1997) ได้ทำการศึกษารูปแบบและกลไกของการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรูสึกได้ ซึ่งผู้ใช้สามารถใช้วัตถุที่จับต้องได้ เครื่องมือวัด พื้นผิวสัมผัสและพื้นที่ว่างสำหรับการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารดิจิทัล Ullmer ได้พัฒนา 3 รูปแบบ (platforms) ได้แก่ mataDESK transBOARD และ ambientROOM ผลการวิจัยเป็นการเตรียมเครื่องมือและเทคนิคใหม่ที่จะขับเคลื่อนการปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์รูปแบบใหม่ที่นอกเหนือจาก คีย์บอร์ด เมาส์ และจอมอนิเตอร์

Ullmer (2002) ได้ทำการศึกษาการเข้าถึงข่าวสารข้อมูลดิจิทัลด้วยการควบคุมและแสดงผลด้วยวัตถุที่จับต้องได้ งานวิจัยนี้สนับสนุนแนวคิด การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ ที่นักปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ พยายามที่จะทำการแสดงผลและการควบคุมด้วยวัตถุที่จับต้องได้ งานวิจัยนี้ได้เสนอ mediaBlock และ Tangible Query Interfaces ซึ่งระบบ mediaBlock สามารถให้ผู้ใช้นำ mediaBlock มาใช้ในการคัดลอก (copy) และวาง (paste) สื่อดิจิทัลต่าง ๆ จากอุปกรณ์พิเศษไปยังคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป โดยสามารถแก้ไขข้อมูลได้ ระบบนี้เป็นระบบใหม่ในการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ที่สามารถที่ผู้ใช้เข้าถึงข่าวสารข้อมูลดิจิทัลด้วยวัตถุที่จับต้องได้ ส่วน Tangible Query Interfaces เป็นระบบที่แสดงการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของฐานข้อมูล

Patten (2001) ได้ทำการศึกษาโต๊ะที่รับรู้ได้ (sensetable) ซึ่งเป็นระบบสนามแม่เหล็กที่สามารถรับรู้ตำแหน่งและทิศทางของวัตถุแบบไร้สาย และมีการแสดงผลด้วยโปรเจ็คบนพื้นผิวโต๊ะ ระบบที่ออกแบบขึ้นได้นำเสนอเทคนิคใหม่ในการนำทางของวัตถุ (tracks object) 2 รูปแบบคือ 1) ระบบนำทางวัตถุที่สามารถรับรู้สิ่งที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและถูกต้องน่าเชื่อถือปราศจากการรบกวนตามเงื่อนไขของแสง 2) ระบบนำทางวัตถุสามารถที่จะปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มสวิตซ์กดเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและทิศทางได้ นอกจากนั้นระบบยังสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเวลาจริง (real-time) ระบบสามารถประยุกต์ในการใช้งานในการจำลองระบบพลวัตรได้

Patten (2006) ได้ทำการศึกษาการปฏิสัมพันธ์กับวัตถุบนโต๊ะที่รับรู้ได้ ที่สามารถรับรู้การปฏิสัมพันธ์และเคลื่อนย้ายวัตถุบนพื้นผิวของโต๊ะที่รับรู้ได้ งานวิจัยนี้เป็นการขยายข้อจำกัดของผู้ใช้ซึ่งปกติผู้ใช้จะเคลื่อนย้ายวัตถุนำทางบนโต๊ะในการจำลองสถานการณ์ แต่งานของ Patten สามารถทำให้วัตถุบนโต๊ะที่รับรู้ได้เคลื่อนที่ตามการทำงานที่คอมพิวเตอร์คำนวณไว้ ซึ่งมีความแม่นยำกว่ามนุษย์ ผลการวิจัยพบว่า การปฏิสัมพันธ์กับวัตถุที่เคลื่อนที่ได้สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและการจำลองปัญหาที่ซับซ้อนได้ดีกว่าการเคลื่อนย้ายวัตถุโดยมือมนุษย์

Raffle (2004) ได้ทำการศึกษาและออกแบบ Topobo ซึ่งเป็นชุดประกอบโครงสร้าง 3 มิติ ที่สามารถโปรแกรมโดยการบันทึกลักษณะท่าทางของสิ่งที่ประกอบขึ้น และหลังจากนั้นก็สามารถให้ทำงานตามสิ่งที่บันทึกไว้ได้ งานวิจัยนี้เริ่มต้นกับคำถามที่ว่า รูปปั้นแกะสลักสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างไร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้เข้าใจการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของวัตถุ 3 มิติ ที่สามารถบันทึกการเคลื่อนที่และแสดงการเคลื่อนที่ใหม่ได้ Topobo ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เป็นอุปกรณ์แบบแอคตีพ ที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อยู่ภายใน และอุปกรณ์ที่เรียกว่า พาสซีพ ซึ่งอุปกรณ์จะไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยสามารถนำชิ้นส่วน Topobo ที่เป็นแบบแอคตีพและพาสซีพ มาสร้างเป็นรูปสุนัขและศึกษาการเคลื่อนที่หรือโปรแกรมให้เคลื่อนที่ในลักษณะต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่า เด็กอายุ 5 – 13 ปี มีความสามารถในการสร้างสรรค์และมีประสบการณ์กับการทดลอง Topobo ในการเรียนรู้เกี่ยวกับ การเคลื่อนที่ ของสัตว์ต่างเมื่อเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่อื่น ๆ เด็กอายุ 8 ปี สามารถพัฒนาการเดินของหุ่นยนต์ โดยเขาสามารถเข้าใจหลักการสมดุล ระดับและแรงต่าง ๆ ที่มีผลต่อโครงสร้างในการเคลื่อนที่ เพราะว่าในการเชื่อมตัวของหุ่นยนต์แต่ละส่วนต้องตอบสนองต่อแรงธรรมชาติและข้อจำกัดของระบบ

Raffle (2008) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือในการพัฒนาการรู้เอง (intuitive) ของผู้เรียนด้วยใช้เทคโนโลยีการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ เป็นการศึกษารูปแบบพฤติกรรมรู้ได้เองแต่ง่าย (intuitive-but –simple) เช่น Curlybot หรือ ซับซ้อนแต่เป็นนามธรรม (complex-but-abstract) เช่น LEGO Mindstorms ระบบ Topobo ที่ Raffle พัฒนาขึ้นมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาและสนับสนุนผู้เด็กในการส่งผ่าน(transitions) การรู้ได้เองแต่ง่าย ไปยังซับซ้อนแต่เป็นนามธรรม โดยได้อ้างอิงทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bruner ถึงการพัฒนาการเรียนรู้จาก Enactive ไปยัง Iconic และไปยัง Symbolic ผลการวิจัยพบว่า ระบบ Topobo ที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้เด็กส่งผ่าน การรู้ได้เองแต่ง่าย ไปยังซับซ้อนแต่เป็นนามธรรมได้ นอกจากนั้นระบบ Topobo ยังสามารถที่จะอำนวยความสะดวกในการส่งผ่านรูปแบบความคิดระหว่างแนวคิดที่แตกต่างกับระหว่างเครื่องมือที่แตกต่าง โดยเด็กสามารถที่

จะใช้ Enactive Knowledge ในการรับรู้ถึง สัตว์ชนิดต่าง ๆ เดินอย่าง สามารถเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการสร้างและออกแบบระบบ Topobo ที่ประกอบด้วย Queens backpacks Remix และ Robo สามารถส่งผ่านความรู้ที่เกิดจากการจัดกระทำด้วย 2 มือ ไปเป็นความรู้ทางทฤษฎีของเด็กได้ เด็กสามารถที่จะทดสอบและปรับปรุงทฤษฎีของเขาในการแสดงความคิดจาก Enactive ไปยัง Iconic และไปยัง Symbolic ตามลำดับ

Parkes (2004) ได้ทำการศึกษา เกี่ยวกับการออกแบบท่าทาง (gestural) โดยแนะนำ Topobo ซึ่งเป็นเครื่องมือในการออกแบบท่าทาง ที่ฝังชุดบันทึกข้อมูลท่าทางการเคลื่อนไหวไว้ในตัว Topobo ที่สามารถบันทึก เล่นกลับ และส่งผ่านการเคลื่อนไหวในรูปแบบ 3 มิติที่จับต้องได้ ผลการวิจัยพบว่า Topobo สามารถที่จะทำให้เกิดความเข้าใจ การจำลองอัลกอลิทึม ในวัตถุต่าง ๆ เพื่อเตรียมความเข้าใจการแสดง ถึง หลักเกณฑ์ง่าย ๆ สามารถทำให้เกิดรูปแบบและพฤติกรรมที่ซับซ้อนอย่างไร ซึ่งวัตถุธรรมดาไม่สามารถที่จะทำได้

Parkes (2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของวัตถุ โดยใช้แนวคิดการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ โดยได้เตรียมการป้อนกลับสำหรับวัตถุ การส่งผ่านข้อมูลข่าวสารดิจิทัลผ่านการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของวัตถุ วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อ สร้างหลักการใหม่ ของการออกแบบการเคลื่อนไหว (kinetic design) และการเคลื่อนที่ (motion) ผ่านการสำรวจและทดลองใน 2 วิธีการ คือ การสร้างการเคลื่อนที่และการจัดกระทำการเคลื่อนไหว โดยได้นำเสนอระบบใน 3 รูปแบบ (platforms) คือ 1) Topobo เป็นรูปแบบสำหรับการสร้างการเคลื่อนที่และระบบพลวัตรด้านกายภาพการเคลื่อนไหวสำหรับด้านการศึกษาของเด็ก 2) Kinetic Scketchup เป็นรูปแบบการสร้างการเคลื่อนที่และระบบพลวัตรด้านกายภาพการเคลื่อนไหวสำหรับสถาปัตยกรรมและการออกแบบผลิตภัณฑ์ 3) Bosu เป็นรูปแบบการสร้างการเคลื่อนที่และระบบพลวัตรด้านกายภาพการเคลื่อนไหวในสิ่งมีชีวิตสำหรับการออกแบบแฟชั่นและผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัยพบว่า ทั้ง 3 รูปแบบสามารถทำให้ผู้ใช้งาน ออกแบบ สร้างสรรค์ เรียนรู้และ จัดกระทำในการตอบสนองต่อวัตถุภายใต้พื้นที่การออกแบบ

Vaucelle (2002) ได้ทำการศึกษาการเล่าเรื่องราวของเด็กด้วยเทคโนโลยีการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ ที่ชื่อว่า Doltalk ในการฝึกทักษะทางด้านภาษาและการเล่าเรื่องราว เด็กสามารถเล่าเรื่องราวกับเทคโนโลยีนี้ และเล่นกลับเรื่องราวทำให้เด็กสามารถพัฒนาทักษะทางด้านภาษาและการเล่าเรื่องราว Doltalk เป็นการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้าไปฝังไว้ภายในตัวหุ่นกระบอก ซึ่งเด็ก

สามารถที่จะบันทึกเรื่องราวและลักษณะท่าทางของหุ่นผ่านตัว accelerometers การระบุตัวละครด้วย RFID tag แสดงผลด้วยจอคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า Doltalk ทำให้เด็กมีความสามารถด้านภาษาและการสร้างสรรค์เรื่องราว มากกว่าการไม่ได้บันทึกและเล่นกับเรื่องราว

Vaucelle (2010) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาแนวคิด Gesture Object Interfaces ที่เป็นการขยายแนวคิดของ การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ (tangible use interfaces (TUIs)) และ Gesture Recognition Vaucelle ได้นำเสนอวิธีการที่จะชุบชีวิตสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปร่างเช่น ตุ๊กตา หุ่นมือ ของเล่นต่าง ๆ ของเด็กให้มีชีวิตเมื่ออยู่ในมือของเด็ก โดยเรียกสิ่งนี้ว่า Gesture Object Interfaces โดยเทคนิคนี้จะทำให้เด็กสามารถที่จะเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ที่เด็กได้ชุบชีวิตให้ เช่น มุมมองของตุ๊กตาขณะที่มีปฏิสัมพันธ์กับเด็ก Vaucelle ได้ออกแบบ สภาพแวดล้อมของกล้องจับภาพและการปฏิสัมพันธ์กับลักษณะท่าทางของสิ่งต่าง ๆ ในการควบคุมสภาพแวดล้อม โดยเป้าหมาย คือ เทคโนโลยีใหม่ในการกระตุ้นเด็ก ต่อมุมมองใหม่ๆและเทคนิคการเล่าเรื่องราว Vaucelle ได้พัฒนาแนวคิด Play it by Eye, Frame it by hand ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ในการการเล่าเรื่องราวของเด็ก ใน 4 รูปแบบ (platforms) คือ 1) Textable Movie เป็นการผสมผสานภาพและเรื่องราวที่เป็นตัวหนังสือ ในการเล่าเรื่องเล่า Textable Movie เด็กสามารถใส่เรื่องราวของตนเองและอธิบายเป็นคำพูดและปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ๆ ได้ 2) Moving Pictures เป็นการนำเสนอ การบันทึกภาพ จับภาพ เพื่อมาตัดต่อแก้ไข โดยเทคนิค TUI ที่พัฒนาขึ้นแทนการใช้ซอฟต์แวร์ตัดต่อที่มีขายในท้องตลาดซึ่งมีความยากในการใช้งานสำหรับเด็กมาเป็นการออกแบบด้วยเทคนิค TUI ทำให้เด็กสามารถตัดต่อแก้ไขวีดีโอได้ง่ายเพียง การใช้ video tokens 3) Terraria: Plug-and-Play Movie editing เป็นการนำเสนอ การเล่นกับของเล่นที่เป็นหุ่นยนต์ โดยเด็กสามารถสร้างเรื่องราวจากหุ่นยนต์ที่เล่นแล้วทำการบันทึกภาพเรื่องภาพที่สร้างขึ้นหลังจากนั้นสามารถที่จะมาทำการตัดต่อเป็นภาพยนตร์ได้ ซึ่งการควบคุมหุ่นยนต์จะใช้ คันบังคับสำหรับการแสดงท่าทางและการเคลื่อนที่ 4) Picture This! เป็นการนำเสนอการเล่นของเด็กกับตุ๊กตา ที่ตุ๊กตาได้ใส่กล้อง และตัวตรวจจับท่าทาง ไว้ ซึ่งทำให้เด็กสามารถเข้าใจมุมมองของตุ๊กตาเมื่อมองมายังตัวเด็ก ทำให้เด็กเกิดมุมมองใหม่และเข้าใจว่า สิ่งต่าง ๆ มีมุมมองต่อเราอย่างไร และมีการเคลื่อนไหวท่าทางอย่างไร ซึ่งรูปแบบนี้เป็นการเปิดโลกทัศน์ใหม่สำหรับเด็กในการเล่นกับของเล่น ซึ่งเดิมเด็กไม่ทราบว่าในขณะที่เล่นตุ๊กตาของเขามองเขาและเล่นกับเขาอย่างไร

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ และประเมินการสร้างความรู้ด้วยตนเองและสร้างสภาพการเรียนรู้ร่วมกันโดยการนำไปใช้งานจริงกับกลุ่มที่ศึกษา โดยกระบวนการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะดังต่อไปนี้

1. การวิจัยระยะที่ 1 สร้าง และการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพโดยทำการศึกษา 2 กรณีศึกษาคือ 1)โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ สำหรับควบคุมหุ่นยนต์ 2)โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ สำหรับควบคุมในงานอุตสาหกรรม โดยการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ

2. การวิจัยระยะที่ 2 การสร้างความรู้ด้วยตนเอง และการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน โดยการประเมินการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย

3. การวิจัยระยะที่ 3 ถ่ายทอดเทคโนโลยีโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ โดยการประเมินจากการสังเกตและการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการกับกลุ่มที่ได้รับการถ่ายทอด โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 3.1

การวิจัยระยะที่ 1

การสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพ

- การสร้างฮาร์ดแวร์
- การสร้างซอฟต์แวร์

สร้าง และทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ

- การทดสอบการรับแสงจาก แอลดีอาร์
- การทดสอบการรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ
- การทดสอบระยะการรับส่งข้อมูล
- การทดสอบการสิ้นเปลืองพลังงาน
- การทดสอบการใช้งานกับกลุ่มผู้ใช้งาน

การวิจัยระยะที่ 2

ประเมินการปฏิสัมพันธ์ผู้เริ่มต้นกับโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ

การสร้างความรู้ด้วยตนเองและสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน

การสร้างความรู้ด้วยตนเอง

-ปฏิสัมพันธ์กรณีศึกษา การควบคุมหุ่นยนต์

-ปฏิสัมพันธ์กรณีศึกษา การควบคุมในงานอุตสาหกรรม

การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน

-ปฏิสัมพันธ์กรณีศึกษา การควบคุมหุ่นยนต์

การวิจัยระยะที่ 3

ประเมินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ถ่ายทอดเทคโนโลยีในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

- เทคโนโลยีการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

-รูปแบบการสร้างความรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้ร่วมกัน

กลุ่มที่ศึกษาสำหรับการใช้งานจริง

กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนและนักศึกษาที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมและความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุม โดยทำการสุ่มแบบเจาะจง

3.1 การวิจัยระยะที่ 1 การ การสร้างและการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพ

3.1.1 การสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

การสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างโปรแกรม จาก 3 แนวคิดทฤษฎีหลัก คือ 1) การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ 2) การออกแบบวัตถุการเรียนรู้และการจัดกระทำวัตถุ 3) การเรียนรู้จากรูปธรรมไปสู่นามธรรมจาก Enactive ไปสู่ Iconic และไปสู่ symbolic ตามแนวคิดของ Piaget (1972), Bruner (1973), Vygotsky (1986) และ Papert (1980, 1993)

1. การออกแบบฮาร์ดแวร์แบบแอคตีพ การออกแบบฮาร์ดแวร์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นตัวประมวลผลโดยทำการออกแบบเป็น 2 ส่วนคือ

1) โปรแกรมชุดคำสั่งได้ออกแบบเป็น 9 คำสั่ง ในแต่ละคำสั่งสามารถเคลื่อนไหว ได้ในขณะโปรแกรมให้ทำงาน ชุดคำสั่งทั้ง 9 คำสั่งได้แก่

1.1) คำสั่งเดินหน้า
1.2) คำสั่งถอยหลัง
1.3) คำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา
1.4) คำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา
1.5) คำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา
1.6) คำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา
1.7) คำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร
1.8) คำสั่งระยะทาง 40 เซนติเมตร
1.9) คำสั่งเซ็นเซอร์

2) ชุดหุ่นยนต์ได้ออกแบบเป็นหุ่นยนต์ขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนที่ได้ เมื่อรับคำสั่งจากชุดคำสั่งแล้ว

2. การออกแบบซอฟต์แวร์แบบแอคตีพ การออกแบบซอฟต์แวร์ จะใช้ โปรแกรม Arduino IDE ซึ่งเป็นโปรแกรมโอเพ่นซอร์ต ในการออกแบบการรับส่งสัญญาณและการประมวลผล

3. การออกแบบฮาร์ดแวร์แบบพาสซีพ การออกแบบฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1) คอมพิวเตอร์ ในส่วนนี้จะเป็นส่วนในการรับข้อมูลจากชุดถอดรหัสเพื่อมาประมวลผลแสดงสภาวะการทำงานของโปรแกรม และระบบควบคุม

2) ส่วนการเข้ารหัสและถอดรหัสใช้เทคโนโลยี reacTIVision 1.4 โดยใช้รหัสของ fiducial ในส่วนนี้จะออกแบบเป็นชุดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ในการเข้ารหัสแต่ละคำสั่ง

3) ส่วนโปรเจคเตอร์เป็นส่วนสำหรับการฉายภาพไปยังจุดสัมผัสพื้นผิวโต๊ะสัมผัส

4. การออกแบบซอฟแวร์แบบพาสซีพ การออกแบบซอฟต์แวร์จะออกแบบใน 2 ส่วนคือ

1) ในส่วนของชุดรับรหัส fiducial เพื่อมาถอดรหัส ในส่วนนี้จะใช้กล้องเวบแคมสำหรับตรวจจับรหัส

2) ส่วนคอมพิวเตอร์ในการแสดงผลภาพและเสียง ในส่วนนี้จะใช้โปรแกรม Processing ในการถอดรหัส fiducial ที่รับเข้ามา เพื่อไปค้นหาภาพและเสียงนำไปแสดงผล

3.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ และพาสซีพ

1. การทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพใน 5 ประเด็นคือ

1) การทดสอบการรับแสงจาก LDR

2) การทดสอบการรับส่งข้อมูลผ่าน คลื่นวิทยุ 2.4 Ghz

3) การทดสอบระยะการรับส่งข้อมูล

4) การทดสอบการสิ้นเปลืองพลังงาน

5) การทดสอบกับผู้ใช้งานโดยไปทดสอบโดยให้ผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมและระบบควบคุมแล้ว ทำการสัมภาษณ์และสังเกต การใช้งาน

2. การทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพใน 3 ประเด็นคือ

1) ทดสอบระยะการอ่านรหัสโค้ด fiducial

2) ทดสอบความเร็วในการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน

3) ทดสอบกับผู้ใช้งาน โดยไปทดสอบโดยให้ผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมและระบบควบคุมแล้วทำการสัมภาษณ์และสังเกต การใช้งาน

3.2 การวิจัยระยะที่ 2 การสร้างความรู้ด้วยตนเองและการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน โดยศึกษาการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพ

การสร้างความรู้ด้วยตนเองและสร้างสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ร่วมกันจะศึกษาบนพื้นฐานทฤษฎี comstructionism และทฤษฎีระบบควบคุมพื้นฐานโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การสร้างความรู้ด้วยตนเองกรณีศึกษา
   1) การใช้งาน การควบคุมหุ่นยนต์
   2) การควบคุมระบบในงานอุตสาหกรรม โดยใช้ผู้ทดลองจำนวน 1 คน และ 2 คน
2. การสร้างสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ร่วมกัน กรณีศึกษา การควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้ผู้ทดลองจำนวน 20-30 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มละ 3-5 คน

3.3 การวิจัยระยะที่ 3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีในการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยโปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีฟและแอคตีฟ

การถ่ายทอดจะใช้วิธีการอบรมให้กับกลุ่มที่สนใจโดยอบรมการสร้างและการใช้งานตลอดจนรูปแบบและวิธีการในการสร้างความรู้ด้วยตนเองและการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยดำเนินการตามแผนดังต่อไปนี้

1. **การเก็บรวบรวมข้อมูล**

1.1 ผู้วิจัยเป็นผู้ร่วมการเรียนรู้กับกลุ่มผู้เริ่มต้น โดยทำการแนะนำโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ และแนะนำตั้งโจทย์คำถาม กระตุ้นและคอยอำนวยความสะดวกให้กับผู้เริ่มต้น

1.2 การใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพผู้วิจัยได้วางแผนการเก็บข้อมูลดังนี้

1.2.1 ทำการบันทึกวีดีทัศน์กิจกรรมการใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมการปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มที่ศึกษา ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จ้างเจ้าหน้าที่บันทึกวีดีทัศน์เป็นผู้ช่วยวิจัยทำหน้าที่บันทึกวีดีทัศน์ให้

1.2.2 สัมภาษณ์เดี่ยวและเป็นกลุ่ม สำหรับกลุ่มที่ศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลทางลึกเกี่ยวกับแนวคิดมโนทัศน์ระบบควบคุมและการเขียนโปรแกรมและการเรียนรู้ร่วมกัน การแก้ปัญหา

1.2.3 สังเกตพฤติกรรมและประสบการณ์การปฏิสัมพันธ์ของกลุ่มที่ศึกษา

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมีทั้งข้อมูลที่เป็นเชิงปริมาณและข้อมูลที่เป็นเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยดังนี้

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องและมากพอที่จะมองเห็นข้อสรุปรวมที่ได้ โดยผู้วิจัยมองในลักษณะมิติต่างๆของการปฏิสัมพันธ์ และทำการวิเคราะห์หาข้อสรุปด้วยวิธีการดังนี้

1) การกลั่นกรองข้อมูล จากข้อมูลดิบที่ได้จากการ สังเกต สัมภาษณ์

2) จัดกลุ่มข้อมูล จากข้อที่ 1 โดยการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลตามลักษณะและความเชื่อมโยง

3) วิเคราะห์และสังเคราะห์แบบแผนความสัมพันธ์ภายในกลุ่มของข้อมูลเพื่อหาความเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มข้อมูลที่จัดไว้แล้ว เพื่อให้ได้ข้อสรุปในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การสร้างความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับระบบควบคุมพื้นฐานด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลเป็นลำดับดังนี้

1. การวิจัยระยะที่ 1 การสร้างและการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพโดยทำการศึกษา 2 กรณี คือ 1) โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ สำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ 2)โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ สำหรับการควบคุมในงานอุตสาหกรรม โดยการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

2. การวิจัยระยะที่ 2 การสร้างความรู้ด้วยตนเอง และการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน โดยการประเมินการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและพาสซีพ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย

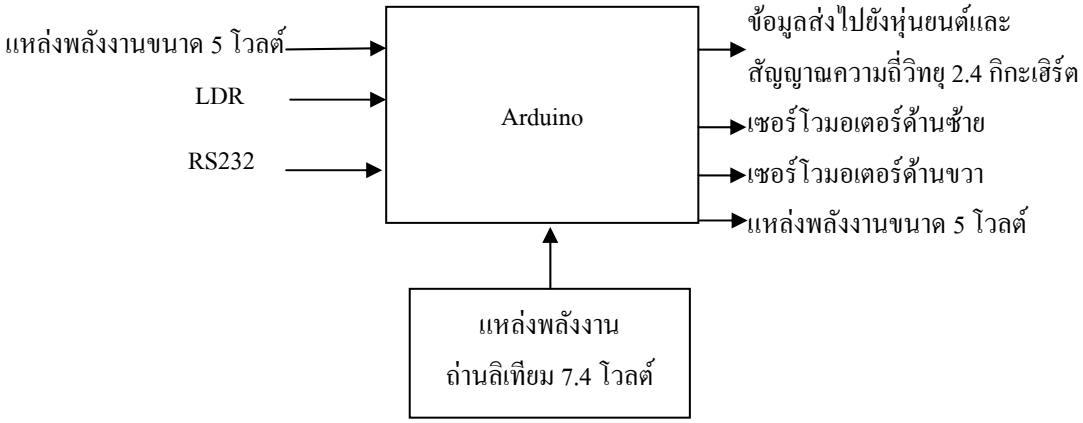
3. การวิจัยระยะที่ 3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ โดยการประเมินจากการสังเกตและการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการกับกลุ่มที่ได้รับการถ่ายทอด

ผลการวิจัยระยะที่ 1 การสร้างและการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและแบบพาสซีพ

4.1 การสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ

แนวคิดของการออกแบบและสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับการควบคุมพื้นฐานมาจากแนวคิด เซตการสร้าง ตามแนวคิดการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ การออกแบบจะออกแบบเป็นสองส่วนคือ 1) ส่วนของชุดคำสั่งโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ 2) ส่วนของหุ่นยนต์ จะเริ่มจากการกำหนดส่วนของการรับข้อมูลหรือเรียกว่า ส่วนของอินพุต ในส่วนนี้ประกอบด้วยสัญญาณที่

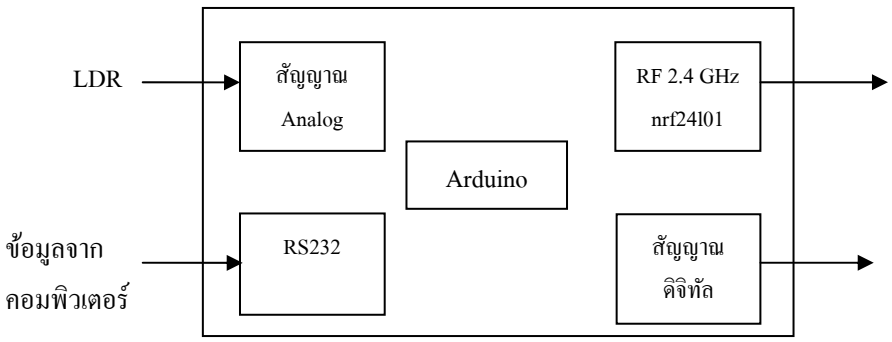
รับเข้ามาจากภายนอกเพื่อการประมวล ได้แก่ สัญญาณอนาลอกในส่วนนี้จะรับข้อมูลจากอุปกรณ์ LDR ซึ่งเป็นอุปกรณ์แปลงค่าของความสว่างเป็นค่าความต้านทาน ในการเริ่มต้นกระบวนการส่งข้อมูลชุดคำสั่ง และสำหรับส่วนอินพุตอีกส่วนหนึ่ง คือ การส่งข้อมูล RS232 ในส่วนนี้ใช้ในการดาวโหลดและพัฒนาโปรแกรม ในส่วนของเอาท์พุตจะประกอบด้วย 1) สัญญาณความถี่วิทยุ 2.4 กิกะเฮิร์ต ที่ใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างชุดคำสั่งกับหุ่นยนต์ 2) เซอร์โวมอเตอร์ด้านซ้าย 3) เซอร์โวมอเตอร์ด้านขวา สำหรับแหล่งพลังงานจะใช้แหล่งจ่ายพลังงานภายนอกที่มีแรงดัน 5 โวลต์ และแรงดันขนาด 5 โวลต์นี้จะถูกส่งผ่านไปยังชุดคำสั่งต่อไปด้วย แสดงบล็อกไดอะแกรมชุดคำสั่งและหุ่นยนต์ดังภาพที่ 4.1 และภาพแสดงชุดคำสั่งและหุ่นยนต์ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมชุดคำสั่งและหุ่นยนต์โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

4.1.1 ผลการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับชุดคำสั่งควบคุมหุ่นยนต์และหุ่นยนต์

ในการออกแบบชุดคำสั่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบชุดคำสั่ง 9 ชุดคำสั่งโดยโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์จะเหมือนกัน ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมชุดคำสั่งโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

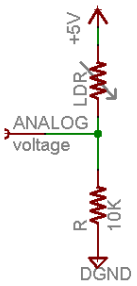
ภาพที่ 4.3 ชุดคำสั่งและหุ่นยนต์

4.1.1.1 การออกแบบส่วนรับสัญญาณจาก LDR

การออกแบบส่วนรับสัญญาณจาก LDR การออกแบบในส่วนนี้จะใช้วงจรแบ่งแรงดันโดยต่อความต้านทานในลักษณะฟูลดาว และเชื่อมต่อกับ LDR ดังภาพที่ 4.4 โดยค่าแรงดันจะคำนวณได้จากสมการ

$$Vanalog = 5v \times R/R+RLDR$$

ค่าแรงดันที่ได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบ LDR จะทำให้เกิดค่าแรงดัน Vanalog เปลี่ยนแปลงทำให้ได้ค่าที่จะนำไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อไปควบคุมการทำงานของชุดคำสั่งต่อไป

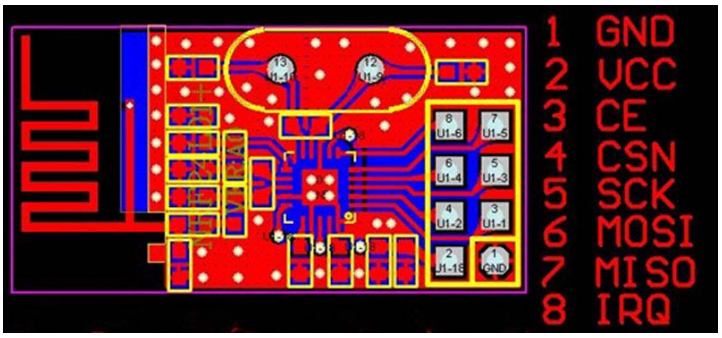


ภาพที่ 4.4 วงจรของการรับสัญญาณจาก LDR

ที่มา: http://learn.adafruit.com/photocells

4.1.1.2 การออกแบบการรับส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ 2.4 กิกะเฮิร์ต

การออกแบบการรับส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ 2.4 กิกะเฮิร์ต การออกแบบในส่วนนี้ จะใช้การออกแบบโดยได้ออกแบบให้ขาของ ชุดคำสั่งสามารถรองรับขาของ อุปกรณ์ส่งสัญญาณวิทยุ nrf24l01 ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ลักษณะบอร์ด nrf24l04

ที่มา: http://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo

ในการต่อใช้งานกับ Arduino จะทำการต่อสัญญาณจากชุดรับส่งสัญญาณวิทยุจำนวน 5 สัญญาณได้แก่ MISO, MOSI, SCK, CE และ CSN โดยทำการเชื่อมต่อสัญญาณเข้ากับขาสัญญาณของ Arduino ดังนี้

1) สัญญาณ MISO เชื่อมต่อกับสัญญาณ ขา 12
2) สัญญาณ MOSI เชื่อมต่อกับสัญญาณ ขา 11
3) สัญญาณ SCK เชื่อมต่อกับขา 13
4) สัญญาณ CE เชื่อมต่อกับขา 8
5) สัญญาณ CSN เชื่อมต่อกับขา 7

4.1.1.3 การออกแบบส่วนควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การออกแบบในส่วนนี้จะใช้เซอร์โวมอเตอร์รุ่น SG-90 แสดงดังภาพที่ 4.6 เป็นเซอร์โวมอเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ในเครื่องบินบังคับด้วยมือ น้ำหนัก 9 กรัม ความเร็วรอบ 0.12 sce/60 องศาทอร์ก 1.98 kg/cm ทำงานในย่านอุณหภูมิ 30-60 C

ภาพที่ 4.6 การเชื่อมต่อกับ arduino

ที่มา: http://www.spelecshop.com/?cid=1402480&subid=230875

4.1.1.4 การออกแบบส่วนติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน RS232

การออกแบบการเชื่อมต่อกับ RS232 จะใช้ ไอซี max232 ในการเชื่อมต่อจะใช้การเชื่อมต่อนี้ในการดาวโหลดโปรแกรมเท่านั้น การเชื่อมต่อในส่วนนี้จะเป็นการเชื่อมต่อที่ใช้ในกรณีการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมคำสั่ง หรือควบคุมหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการระบบของชุดคำสั่งเมื่อได้รับคำสั่งให้ส่งข้อมูลหรือรับข้อมูลจาชุดคำสั่ง ซึ่งโปรแกรมที่เขียนขึ้นมีลักษณะคล้ายโปรแกรมเชิงปฏิบัติการ (operation system) เมื่อดาวโหลดโปรแกรมเสร็จแล้วส่วนนี้จะไม่ถูกใช้งาน

4.1.2 การออกแบบคำสั่งแต่ละคำสั่ง

การออกแบบได้ออกแบบคำสั่งทั้งหมด 9 คำสั่ง คือ

4.1.2.1 คำสั่งเดินหน้า

คำสั่งเดินหน้า การออกแบบชุดคำสั่งจะสร้างคำสั่งให้มีลักษณะเป็นหุ่นยนต์เคลื่อนที่ขนาดเล็กสีขาวที่ท้องจะ มีสัญลักษณ์เป็นรูปเฟืองสีน้ำเงินภายในรูปเฟืองจะมีรูปลูกศร 1 คู่ ชี้ไปทางด้านซ้ายมือของตัวหุ่นยนต์แสดงดังภาพที่ 4.7 ด้านบนมีตัวอักษรข้อความคำว่า “เดินหน้า” ส่วนด้านล่างจะมีข้อความภาษาอังกฤษคำว่า “Forward” การทำงานของหุ่นยนต์ชุดคำสั่งจะรับคำสั่งจาก LDR ที่อยู่บนหัวหุ่นยนต์ เพื่อจะส่งคำสั่งไปยังหุ่นยนต์ นอกจาก LDR แล้วที่หัวของหุ่นยนต์ยังมีหลอดแอลอีดีสีแดง 2 หลอดเพื่อแสดงสภาวะการทำงานซึ่งเมื่อมีการส่งคำสั่งที่เป็นรหัสโค้ดไปยังหุ่นยนต์

ตัวแม่จะมีไฟกระพริบ 2 ครั้งและขยับซ้ายขวา 1 ครั้ง ซึ่งแสดงว่าโปรแกรมได้ถูกส่งไปยังหุ่นยนต์แล้วโดยโปรแกรมควบคุมการทำงานแสดงดังภาคผนวก ก

ภาพที่ 4.7 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเดินหน้า

4.1.2.2 คำสั่งถอยหลัง

คำสั่งถอยหลัง การออกแบบมีลักษณะคล้ายการออกแบบของคำสั่งเดินหน้าแต่มีทิศทางของหัวลูกศรตรงข้ามกับการเดินหน้า การออกแบบจะมีเฟืองอยู่ที่ท้องภายในเฟืองมีลูกศรชี้ไปทางด้านขวาของตัวหุ่นยนต์ด้านบนมีข้อความภาษาไทยคำว่า “ถอยหลัง” ส่วนด้านล่างจะมีข้อความภาษาอังกฤษคำว่า “Backward” ด้านข้างจะมีชุดเชื่อมต่อที่เป็นสายโทรศัพท์ 2 ข้างเพื่อรับพลังงานขนาด 5 โวลต์ แสดงหุ่นยนต์คำสั่งถอยหลังแสดงดังภาพที่ 4.8 การทำงานจะใช้มือสัมผัส LDR เพื่อเริ่มต้นการทำงาน ซึ่งโปรแกรมที่เขียนขึ้นแสดงดังภาคผนวก ข จะส่งข้อมูลที่เป็นรหัสคำสั่งไปยังหุ่นยนต์ ซึ่งในการทำงานคำสั่งจะต้องตามด้วยคำสั่งระยะทางเสมอ

ภาพที่ 4.8 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งถอยหลัง

4.1.2.3 คำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา

คำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา การออกแบบหุ่นยนต์นี้จะออกแบบให้มีสีเหลือง ที่ท้องจะมีเฟืองสีส้ม ภายในเฟืองจะมีรูปลูกศรเลี้ยวไปทางด้านซ้ายของผู้ใช้งาน และมีเลข 90 องศากำกับอยู่ด้านบนจะมีข้อความคำว่า “เลี้ยวซ้าย” และด้านล่างมีข้อความภาษาอังกฤษคำว่า “Turn Left” แสดงดังภาพที่ 4.9 การทำงานของชุดคำสั่งนี้จะส่งรหัสข้อมูลคำสั่งด้วยคลื่นวิทยุไปยังหุ่นยนต์ซึ่งจะเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานแสดงดังภาคผนวก ค ชุดคำสั่งนี้สามารถที่จะทำงานเพียงลำพังคำสั่งเดียวได้โดยสามารถโปรแกรมด้วยคำสั่งนี้เพียงคำสั่งเดียวหุ่นยนต์จะเลี้ยวเป็นมุม 90 องศาทันที

ภาพที่ 4.9 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา

4.1.2.4 คำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา

คำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา การออกแบบหุ่นยนต์ชุดคำสั่งของคำสั่งนี้ขึ้นมาเพื่อทำให้หุ่นยนต์มีการเลี้ยวเป็นมุมที่องศาแคบได้ เพราะการเลี้ยวเป็นมุม 90 องศาจะทำให้หุ่นยนต์สร้างภาพหรือเดินเป็นเพียงมุมฉากเท่านั้นแต่ถ้าหากต้องการให้หุ่นยนต์สร้างรูปหรือเดินเป็นมุมสามเหลี่ยมจะมีวิธีการการทำ คือ หุ่นยนต์จะต้องเลี้ยวเป็นมุมที่น้อยกว่า 90 องศา จึงเป็นมุม 45 องศา การออกแบบจะมีลักษณะเหมือนการเลี้ยวแบบ 90 องศา แสดงดังภาพที่ 4.10 แต่การเขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งแสดงดังภาคผนวก ง จะต้องส่งรหัสคำสั่งเพื่อให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย 45 องศา ด้านบนเฟืองจะมีข้อความภาษาไทยคำว่า “เลี้ยวซ้าย” ส่วนด้านล่างมีข้อความภาษาอังกฤษคำว่า “Turn Left”

ภาพที่ 4.10 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา

4.1.2.5 คำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา

คำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา การออกแบบจะมีการกำหนดให้การเลี้ยวไปทางด้านขวาเป็นมุม 90 องศา ซึ่งการทำงานจะสามารถโปรแกรมเพียงคำสั่งคำสั่งเดียวได้ ที่ท้องของหุ่นยนต์จะมีเฟืองสีส้ม ภายในเฟืองจะมีลูกศรเลี้ยวไปทางด้านขวาของผู้ใช้งานพร้อมมีตัวเลขกำกับ 90 องศา ด้านบนเฟืองจะมีข้อความภาษาไทยคำว่า “เลี้ยวขวา” และมีข้อความภาษาอังกฤษว่า “Turn Right”แสดงดังภาพที่ 4.11 การทำงานจะส่งรหัสคำสั่งด้วยคลื่นวิทยุไปยังตัวหุ่นยนต์เพื่อควบคุมการทำงาน โดยโปรแกรมแสดงดังภาคผนวก จ

ภาพที่ 4.11 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา

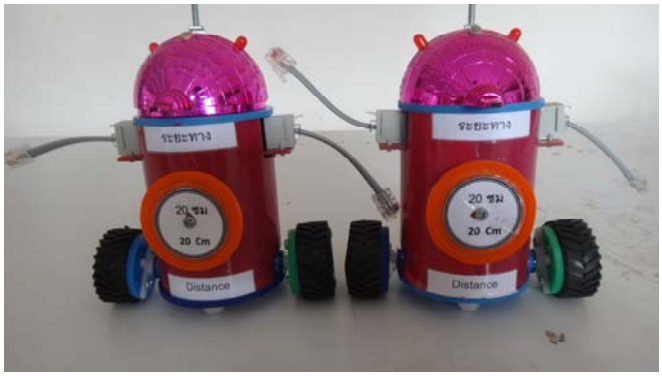
4.1.2.6 คำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา

คำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา การออกแบบจะออกแบบให้มีลูกศรเลี้ยวขวาไปยังด้านขวามือของผู้ใช้งาน ลูกศรจะอยู่ภายในเฟืองสีส้ม มีตัวเลขกำกับ 45 องศาแสดงดังภาพที่ 4.12 ด้านบนเฟืองมีข้อความคำว่า “เลี้ยวขวา” และด้านล่างมีข้อความภาษาอังกฤษคำว่า “Turn Right” การโปรแกรมจะส่งรหัสไปยังหุ่นยนต์ เพื่อการควบคุมโปรแกรมแสดงดังภาคผนวก ฉ

ภาพที่ 4.12 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา

4.1.2.7 คำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร

คำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร การออกแบบชุดคำสั่งจะออกแบบหุ่นยนต์ชุดคำสั่งสีแดงที่ท้องจะมีวงกลมภายในวงกลมจะมีข้อความตัวเลข “20 ซม” และภาษาอังกฤษ “20 Cm” ด้านบนวงกลมจะมีข้อความคำว่า “ระยะทาง” ส่วนด้านล่างมีข้อความภาษาอังกฤษคำว่า “Distance” กับกำอยู่การใช้งานคำสั่งนี้จะต้องใช้ร่วมกับคำสั่ง เดินหน้าหรือถอยหลัง คำสั่งนี้จะทำให้หุ่นยนต์เดินหน้าหรือถอยหลังเป็นระยะทาง 20 เซนติเมตรแล้วหุ่นยนต์จะหยุดแสดงดังภาพที่ 4.13 การทำงานของโปรแกรมจะมีการโปรแกรมให้ส่งรหัสไปยังหุ่นยนต์ เพื่อสั่งงานโดยโปรแกรมที่ควบคุมชุดคำสั่งแสดงดังภาคผนวก ช



ภาพที่ 4.13 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร

4.1.2.8 คำสั่งระยะทาง 40 เซนติเมตร

คำสั่งระยะทาง 40 เซนติเมตร การออกแบบชุดคำสั่งนี้เพื่อต้องการให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ในระยะทาง คือ 40 เซนติเมตรแสดงดังภาพที่ 4.14 ซึ่งคำสั่งเดิมเคลื่อนที่ได้เพียง 20 เซนติเมตร คำสั่งนี้จะมีข้อความคำว่า “ระยะทาง” ด้านบนและภาษาอังกฤษคำว่า “ Distance” การส่งรหัสคำสั่งจะเหมือนกับคำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร แตกต่างที่รหัสที่จะกำหนดระยะทางซึ่งโปรแกรมแสดงดังภาคผนวก ซ

ภาพที่ 4.14 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งระยะทาง 40 เซนติเมตร

4.1.2.9 คำสั่งเซ็นเซอร์

คำสั่งเซ็นเซอร์ การออกแบบจะออกแบบให้ชุดคำสั่งนี้ส่งรหัสคำสั่งไปยังหุ่นยนต์ คำสั่งนี้จะทำงานเพื่อให้หุ่นยนต์รับรู้สภาวะภายนอก เช่น การเคลื่อนที่หุ่นยนต์ชนผนังกำแพง หุ่นยนต์จะรับรู้ว่ามีสิ่งกีดขวาง คำสั่งนี้จะใช้งานคู่กับคำสั่ง IF เสมอ เพื่อทำการแยกเงื่อนไขระหว่างการมีสิ่งกีดขวางกับไม่มีสิ่งกีดขวาง การออกแบบจะมีสัญลักษณ์ เป็นรูปลิมิตสวิตซ์ อยู่ภายในวงกลมด้านบนวงกลมจะมีข้อความคำว่า “เซ็นเซอร์” และมีข้อความภาษาอังกฤษว่า “Sensor” แสดงดังภาพที่ 4.15 โปรแกรมการควบคุมแสดงดังภาคผนวก ฌ

ภาพที่ 4.15 หุ่นยนต์ชุดคำสั่งเซ็นเซอร์

4.1.3 การออกแบบหุ่นยนต์

จะมีลักษณะที่ตัวหุ่นยนต์ใหญ่กว่าชุดคำสั่ง โดยหุ่นยนต์จะมีชุดรับสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อรับรหัสคำสั่งจากหุ่นยนต์ชุดคำสั่งการทำงานของหุ่นยนต์จะรับคำสั่งจากชุดคำสั่งแล้วบันทึกไว้ในหน่วยความจำตามลำดับ คล้ายกับการดาวโหลดโปรแกรมเพื่อการควบคุมหุ่นยนต์ทั่ว ๆ ไป แต่โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้นี้จะมีการส่งข้อมูลไปยังหุ่นยนต์ได้โดยตรง การออกแบบเซ็นเซอร์จะมีเซ็นเซอร์ที่ด้านหน้าของหุ่นยนต์จำนวน 3 จุดแสดงดังภาพที่ 4.16 เพื่อใช้ในการตรวจสอบสิ่งกีดขวาง ซึ่งเซ็นเซอร์จะเป็นลิมิตสวิตซ์ เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปชนกับสิ่งกีดขวางหุ่นยนต์จะรับรู้การชนได้

ภาพที่ 4.16 ลักษณะหุ่นยนต์

การออกแบบเซ็นเซอร์จะใช้สายสัญญาณเชื่อมต่อด้านข้างทั้ง 2 ข้างดังภาพที่ 4.17 ในแต่ละข้างจะถูกต่อกับลิมิตสวิตซ์ ซึ่งถ้ามีการกดสวิตซ์จะได้สภาวะลอจิกเป็น 1 แต่ถ้าไม่มีการกดลิมิตสวิตซ์จะได้ค่าเป็น 0 ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมจะต้องรับค่าสภาวะเป็น 1 ถึงจะรับรู้การชนสิ่งกีดขวางได้

ภาพที่ 4.17 การวางเซ็นเซอร์ที่ตัวหุ่นยนต์

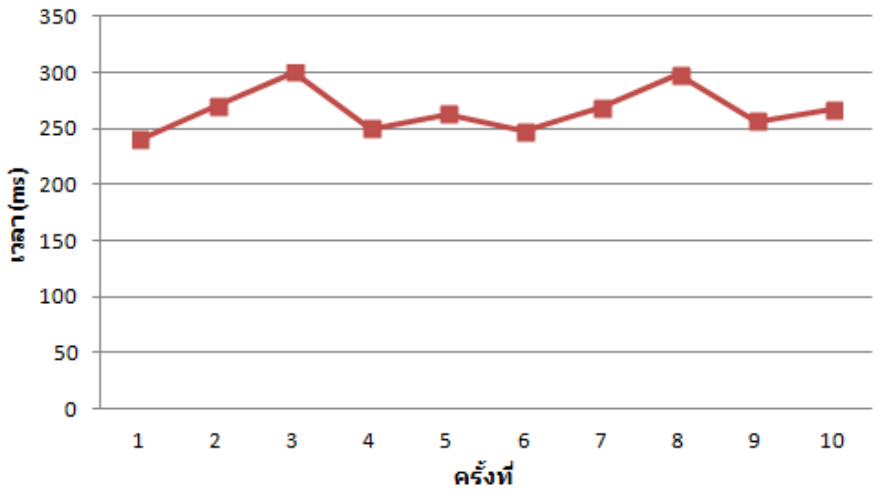
การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปเรื่อยดังภาพที่ 4.18 จะเห็นว่าหุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ในลักษณะก้มหน้าเนื่องจากจะต้องให้เซ็นเซอร์อยู่ในระดับที่สูงจากพื้นน้อยที่สุด

ภาพที่ 4.18 ลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

4.1.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันระหว่างคำสั่งและหุ่นยนต์

4.1.4.1 การทดสอบเวลาการรับส่งข้อมูล

การทดสอบเวลาการรับส่งข้อมูล ในการทดสอบจะใช้โปรแกรมในการจับเวลาในการส่งข้อมูลจากชุดคำสั่งไปยังหุ่นยนต์ ผลการวิจัยพบว่า การส่งข้อมูลได้มีการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่า ทั้ง 10 ครั้งมีการหน่วงเวลาอยู่ในช่วงเวลา 200-300 มิลลิวินาที แสดงดังภาพที่ 4.19



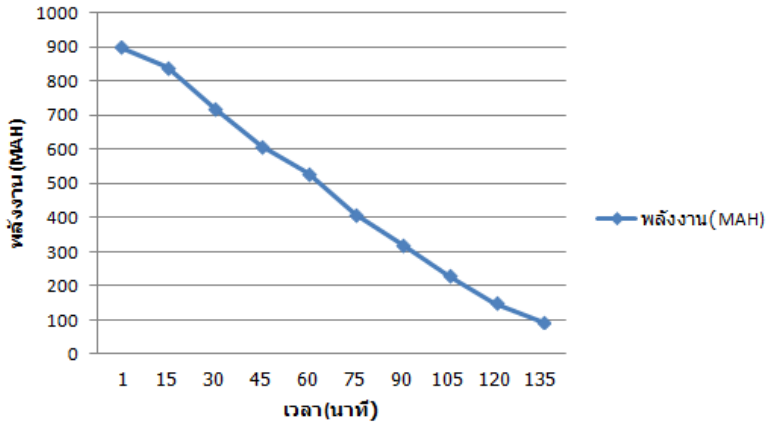
ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงการรับส่งข้อมูลระหว่างชุดคำสั่งกับหุ่นยนต์

4.1.4.2 การทดสอบระยะการรับส่งข้อมูล

การทดสอบระยะการรับส่งข้อมูล การทดสอบการรับส่งข้อมูลพบว่า การส่งข้อมูลของชุดรับส่งสัญญาณ ความถี่วิทยุ nrf24l01 สามารถรับส่งข้อมูลในที่โล่งได้ไกล 60 เมตรทำให้ในระยะเพียง 30-50 เซนติเมตรไม่มีปัญหาในเรื่องของการรับส่ง ในการทดสอบจำนวน 10 ครั้งพบว่า ชุดคำสั่งสามารถส่งข้อมูลได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถรับส่งได้ทุกครั้ง

4.1.4.3 การทดสอบการสิ้นเปลืองพลังงานของหุ่นยนต์

การทดสอบการสิ้นเปลืองพลังงานของหุ่นยนต์ การทดสอบจะทำการทดสอบการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่มีพลังงานเต็ม 100 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้งานจะให้หุ่นยนต์ทำงานตลอดเวลาจนกว่าพลังงานจะหมด ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงการลดลงของพลังงานของหุ่นยนต์

ผลการทดสอบจากกราฟ พบว่าพลังงานมีการลดลงเป็นแบบต่อเนื่องจนกระทั่งที่ 200 MAH หุ่นยนต์เริ่มวิ่งช้าลงจนถึง 100 MAH หุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ พลังงานที่เต็มจะสามารถใช้ได้ 2 ชั่วโมง

4.1.4.4 การทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งาน

การทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งาน การทดสอบกับเด็กในระดับอนุบาลและประถมศึกษาพบว่าเด็กสามารถใช้งานโดยการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมตามที่วาดรูปไว้ดังภาพที่ 4.21 ซึ่ง

จากการสอบถามเด็กถึงการใช้งานเด็กวัยนี้ชอบที่หุ่นยนต์มีความสวยงาม เด็กอธิบายว่า หุ่นยนต์ คือ เป็นแม่ลูกกัน ลูกจะสั่งให้แม่ทำงาน ซึ่งเด็กจะชอบมากที่สามารถสั่งตัวแม่ให้ทำงานได้

ภาพที่ 4.21 การใช้งานของเด็กระดับอนุบาลและประถมศึกษา

การทดลองในกลุ่มนักศึกษาอาชีวศึกษา ในระดับนี้สามารถใช้งานได้ดีเนื่องจากว่าการโปรแกรมหุ่นยนต์เป็นโปรแกรมที่จับต้องได้ นักศึกษากลุ่มนี้เคยเรียนการเขียนโปรแกรมภาษาซีมาแล้ว เมื่อผู้วิจัยอธิบายและสาธิตให้ดู นักศึกษากลุ่มนี้สามารถใช้งานได้ทันที ดังภาพที่ 4.22 นักศึกษามีการปรึกษาพูดคุยและสามารถร่วมกันสร้างโปรแกรมด้วยกันได้ เมื่อถามถึงขนาดของชุดคำสั่งพบว่า มีขนาดที่เหมาะสมแล้ว หุ่นยนต์ มีขนาดที่เหมาะสมด้วยเช่นกัน

ภาพที่ 4.22 การใช้งานของเด็กระดับอาชีวศึกษาที่มีความรู้การเขียนโปรแกรมภาษาซี

การทดสอบการถือและจับ พบว่า ชุดคำสั่งมีขาดเหมาะสมในการหยิบจับและถือ การจัดเรียงคำสั่ง ส่วนหุ่นยนต์มีลักษณะที่เหมาะสมในการจำลองการทำงานหรือพฤติกรรม นักศึกษาในระดับนี้

มีมุมมองที่แตกต่างกันต่อรูปร่างของชุดคำสั่งและหุ่นยนต์ โดยมุมมองของนักศึกษาในระดับนี้บอกว่าหุ่นยนต์มีลักษณะเหมือนไก่ ส่วนอีกกลุ่มบอกว่าชุดคำสั่งและหุ่นยนต์มีลักษณะเหมือนนกเพนกวิน

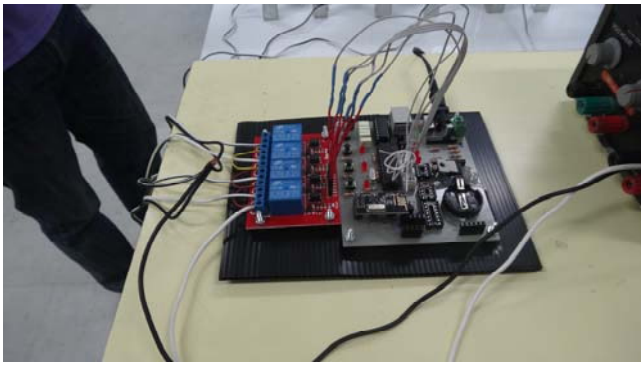
ภาพที่ 4.23 นักศึกษาให้ความเห็นกับขนาดที่เหมาะสมของชุดคำสั่งและหุ่นยนต์

4.1.5 ผลการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับการควบคุมในงานอุตสาหกรรมผสมสารเคมี

การออกแบบระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรมเป็นการออกแบบเพื่อจำลองการผสมสารเคมีในกระบวนการผลิต ผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจระบบการทำงานระบบแบบเปิด การทำงานของระบบนี้เป็นการทำงานเป็นลำดับขั้น

4.1.5.1 การออกแบบต้นแบบของชุดควบคุมระบบ

การออกแบบต้นแบบของชุดควบคุมระบบ การออกแบบจะทดลองสร้างระบบขึ้นจากบอร์ดทดลองโดยเชื่อมต่อระบบรีเลย์เข้ากับชุดทดลอง ชุดรีเลย์จะเชื่อมต่อกับปั๊มน้ำเพื่อสูบน้ำเข้าสู่ถังผสม ต้นแบบของบอร์ดทดลองแสดงดังภาพที่ 4.24



ภาพที่ 4.24 ต้นแบบชุดควบคุมระบบควบคุมผสมสารเคมี

4.1.5.2 การออกแบบถังผสมสารเคมี

การออกแบบถังผสมสารเคมี การออกแบบถังผสมสารเคมีจะมีการออกแบบถังสำหรับบรรจุสารเคมี 3 ชนิดที่แตกต่างกันได้แก่ สาร A สาร B สาร C โดยถังจะตั้งบนพื้นสูง 20 เซนติเมตร ถังผสมสารเคมี 1 ถังและถังสำหรับสารเคมีที่ผสมเสร็จแล้วจำนวน 1 ถัง เพื่อรอการนำไปใช้งานการออกแบบแสดงดังภาพที่ 4.25 สำหรับปั๊มน้ำจะใช้ปั๊มน้ำฉีดน้ำกระจกรถยนต์ซึ่งตัวปั๊มต้องการแรงดัน 2 โวลต์ แต่เมื่อน้ำมาใช้กับระบบนี้เราสามารถที่จะป้อนแรงดันเพียง 5 โวลต์ ซึ่งจะทำให้ปั๊มน้ำสูบน้ำได้ในอัตราที่ไม่พุ่งกระจายเหมือนกับไฟ 12 โวลต์

ภาพที่ 4.25 ต้นแบบถังผสมสารเคมี

4.1.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันระหว่างคำสั่งและชุดผสมสารเคมี

ในการทดสอบประสิทธิภาพจะมีการทดสอบจะทำการทดสอบการทำงานร่วมกันระหว่างชุดคำสั่งและชุดควบคุมระบบสูบน้ำเข้าถังดังนี้

4.1.6.1 การทดสอบการรับแสงของ LDR

การทดสอบการรับแสงของ LDR เป็นการทดสอบการสัมผัสบังแสงที่ตัวหุ่นยนต์ชุดคำสั่งแสดงดังภาพที่ 4.26 ในการทดสอบพบว่าการสัมผัสกับ LDR ขึ้นอยู่กับสภาพแสงภายในห้อง ซึ่งปกติแล้วในห้องที่ทำการทดลองความเข้มแสงจะอยู่ที่ 450 ลักซ์ (lux) ซึ่งจะสามารถทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้นิ้วมือกดลงเพื่อบังแสง ดังภาพที่ 4.26

ภาพที่ 4.26 การสัมผัสกับ LDR เพื่อบังแสง

ในกรณีที่มีความเข้มแสงมากจะทำให้ผู้ใช้งานลำบากในการที่จะต้องใช้นิ้วมือกดเพื่อบังแสงภาพที่ 4.27 ผู้ใช้งานพยายามบังแสงเพื่อให้ชุดคำสั่งทำงาน ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องทำให้จุด LDR มีความมืดพอที่จะทำให้ชุดคำสั่งหรือหุ่นยนต์ทำงาน

ภาพที่ 4.27 การโปรแกรมชุดคำสั่งโดยบังแสงที่มีความสว่างมาก

ผลการทดลองพบว่า จะต้องใช้ LDR โดยความต้านทานอยู่ในย่าน 1 กิโลโอห์ม ถึง 500 โอห์ม และค่า LDR +R โดยความต้านทานอยู่ในย่าน 11 กิโลโอห์ม ถึง 10 กิโลโอห์ม ซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันอยู่ระหว่าง 4 –5 โวลต์ ซึ่งค่านี้จะนำไปแปลงเป็นค่าสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งไปยัง Arduino โดยค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ในย่าน 600-1024 ซึ่งในการเขียนโปรแกรมรับค่าจะต้องใช้ค่าอยู่ในย่านนี้

4.1.6.1 การทดสอบการรับส่งข้อมูล

การทดสอบการรับส่งข้อมูล ผลการทดสอบพบว่า การส่งข้อมูลไม่มีปัญหาเพราะระบบส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุสามารถที่จะส่งข้อมูลได้ระยะไกลถึง 10 เมตร ดังนั้นการการทดลองการรับส่งข้อมูลจะไม่มีปัญหาเรื่องระยะทางและการขาดหายของคำสั่ง

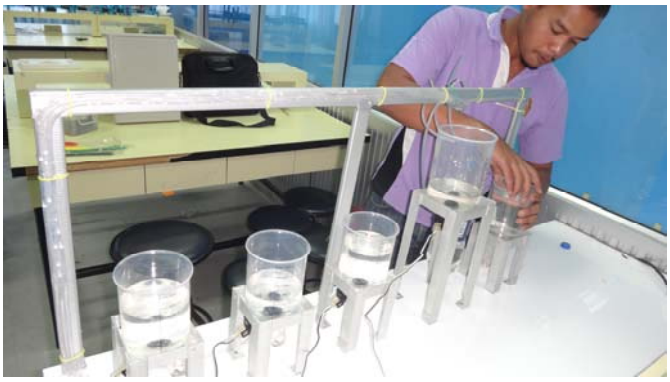
4.1.6.2 การทดสอบการทำงานของระบบการควบคุมปั๊มน้ำแต่ละถังน้ำ

การทดสอบการทำงานของระบบการควบคุมปั๊มน้ำแต่ละถังน้ำ การทดสอบจะทำการทดสอบดังภาพที่ 4.28 โดยการทดสอบการสูบน้ำเข้าถังทีละ 1 ถังเพื่อดูอัตราการไหลและปริมาณที่สูบน้ำได้ ผลการทดสอบพบว่าอัตราการไหลของน้ำที่ปั๊มสูบขึ้นถัง 20 ซีซี ต่อวินาที

ภาพที่ 4.28 การทดสอบถังน้ำแต่ละถัง

4.1.6.3 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมแบบต่อเนื่องของปั๊มน้ำแต่ละถัง

การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมแบบต่อเนื่องของปั๊มน้ำแต่ละถัง การทดลองนี้จะทำการทดสอบการทำงานเป็นลำดับของการสูบน้ำเข้าถังแสดงดังภาพที่ 4.29 โดยถังแรกจะทำการสูบน้ำเข้าไปก่อนเป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นถังที่ 2 จะสูบน้ำเข้าถังผสมเป็นเวลา 15 วินาที และถังที่ 3 จะสูบน้ำเข้าถังเป็นเวลา 15 วินาที เมื่อสารทั้ง 3 ชนิดอยู่ในถังผสมแล้วจะทำปฏิกิริยาประมาณ 1 นาทีก็จะสูบจากถังผสมลงไปที่ถังพักเพื่อการใช้งานต่อไป ผลการทดลองพบว่า ชุดควบคุมระบบสามารถที่จะสูบน้ำเข้าถังเป็นลำดับได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ทดสอบจำนวน 5 ครั้งในแต่ละรอบพบว่าสามารถทำงานได้ทั้ง 5 ครั้งไม่มีข้อผิดพลาด



ภาพที่ 4.29 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมในการสูบน้ำเข้าถัง

4.1.6.4 การทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งาน

การทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งาน การทดสอบจะทำการทดสอบในประเด็นของการโปรแกรมผู้ใช้งานสามารถทำการโปรแกรมให้สารเคมีที่อยู่ในแต่ละถังถูกสูบเข้าถังผสมเป็นลำดับ ผลการทดลองผู้ใช้งานค่อนข้างจะสับสนในตอนเริ่มต้น หลังจากลองผิดลองถูกก็สามารถที่จะโปรแกรมให้เขียนโปรแกรมสามารถควบคุมการสูบน้ำเป็นไปอย่างต่อเนื่องได้ แสดงดังภาพที่ 4.30

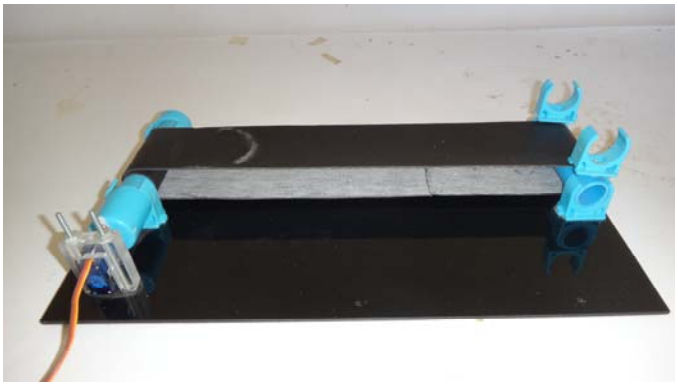
ภาพที่ 4.30 การทดสอบการโปรแกรมควบคุมการสูบสารเคมีเข้าถัง

4.1.7 ผลการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับการควบคุมในงานอุตสาหกรรมสายพานลำเลียง

การออกแบบสายพานลำเลียงเป็นการออกแบบสายพานซึ่งแยกเป็น 4 สายพานลำเลียง เพื่อการทดลองในการเข้าใจระบบแบบเปิดและแบบปิด ซึ่งการออกแบบได้ทำการออกแบบดังนี้

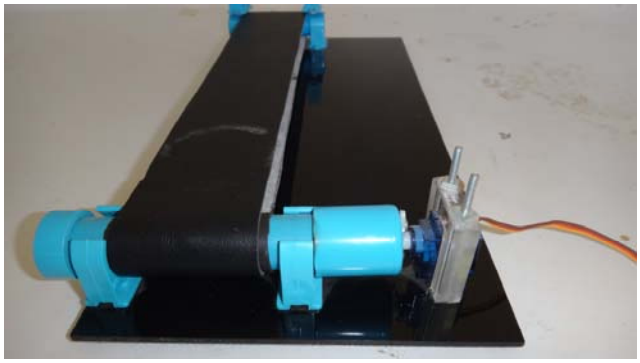
4.1.7.1 การออกแบบสายพานลำเลียง

การออกแบบสายพานลำเลียง สำหรับการออกแบบนี้จะใช้ข้อต่อของท่อน้ำประปา และแผ่นผ้าเบาะรถมอเตอร์ไซด์ ซึ่งเป็นวัสดุหาได้โดยทั่วไปราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับ สายพานลำเลียงที่นำเข้าจากต่างประเทศ สายพานนี้จะมีราคาที่ต่ำมาก ฐานของสายพานใช้แผ่นอะครีลิกสีดำ โดยยึดเซอร์โวมอเตอร์ เข้ากับฐานแสดงดังภาพที่ 4.31



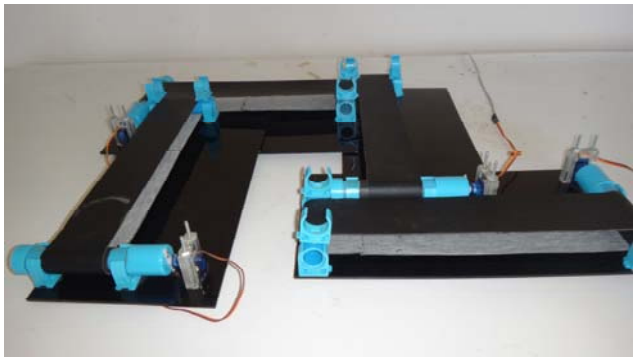
ภาพที่ 4.31 การออกแบบระบบสายพานลำเลียง

ส่วนเซอร์โวมอเตอร์จะมีการยึดโดยใช้แผ่นอะคริลิกสีใสขนาด 10 มิลิเมตร ตัดเป็นรูปตัวยู โดยใช้เครื่องซีเอนซี แล้วยึดเข้ากับตัวมอเตอร์แสดงดังภาพที่ 4.32 ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างเซอร์โวมอเตอร์กับสายพานจะใช้ข้อต่อ PVC เชื่อมต่อกับเซอร์โวมอเตอร์



ภาพที่ 4.32 การออกแบบระบบเชื่อมต่อกับมอเตอร์

การใช้งานสายพานลำเลียง จะมีการวางซ้อนกันที่ท้ายกับหัวต่อกันเป็นรูปสี่เหลี่ยม แต่สายพานชุดสุดท้ายจะเชื่อมต่อเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ถูกส่งต่อไปยังชุดลำเลียงอื่น ๆ แสดงดังภาพที่ 4.33



ภาพที่ 4.33 การวางระบบสายพานลำเลียง

4.1.7.2 การออกแบบส่วนควบคุมระบบ

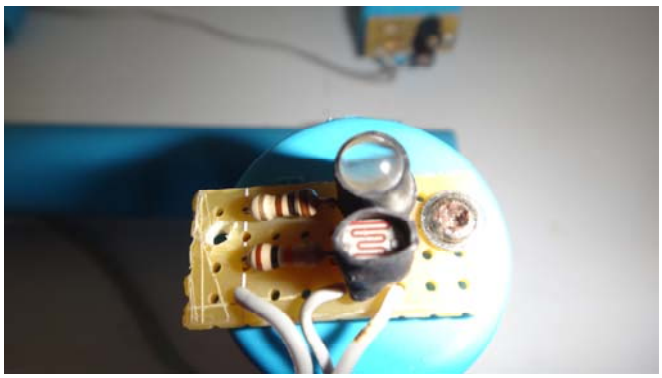
การออกแบบส่วนควบคุมระบบ ในการออกแบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino โดยออกแบบให้มีอุปกรณ์น้อยที่สุดจากภาพที่ 4.34 จะเห็นว่าบอร์ดจะมีเพียงไมโครคอนโทรลเลอร์และตัวส่งสัญญาณ ตัวรับส่งสัญญาณจะใช้ตัวรับส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ 2.4 กิกะเฮิร์ต มีระยะการรับส่งสัญญาณ 100 เมตร ดังนั้นการส่งในระยะ 30-50 เซนติเมตรจึงไม่มีความผิดพลาด

ภาพที่ 4.34 บอร์ดควบคุมระบบสายพาน

4.1.7.3 การออกแบบส่วนเซ็นเซอร์

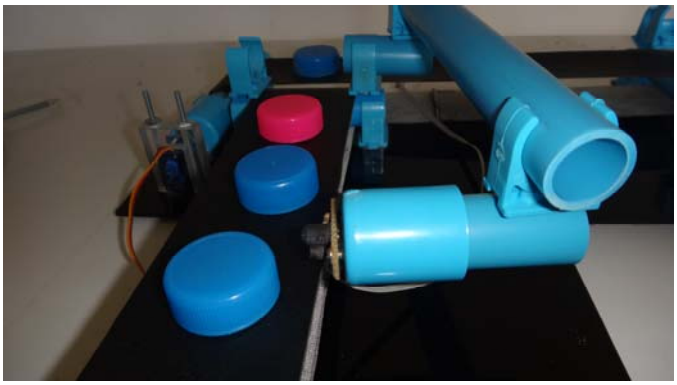
การออกแบบส่วนเซ็นเซอร์ ส่วนของเซ็นเซอร์จะใช้แอลดีอาร์และหลอดแอลอีดี ดังภาพที่ 4.35 การออกแบบจะมีลักษณะเหมือนกับชุดเริ่มต้นการทำงานของหุ่นยนต์ แต่เพิ่มเติมแหล่งแสงสว่างแทนที่จะใช้แสงจากธรรมชาติ การทำงานในสภาวะที่ทำงานหลอดแอลอีดีจะสว่างทำให้

แอลดีอาร์มีค่าความต้านทานลดลง แต่เมื่อมีวัตถุมาในระยะที่ใกล้กับหลอดแอลอีดี แสงจะไปตกกระทบที่วัตถุแล้วสะท้อนเข้าที่ตัวแอลดีอาร์ ทำให้แอลดีอาร์มีค่าลดลง ทำให้สามารถตรวจจับวัตถุที่เข้ามาใกล้ได้



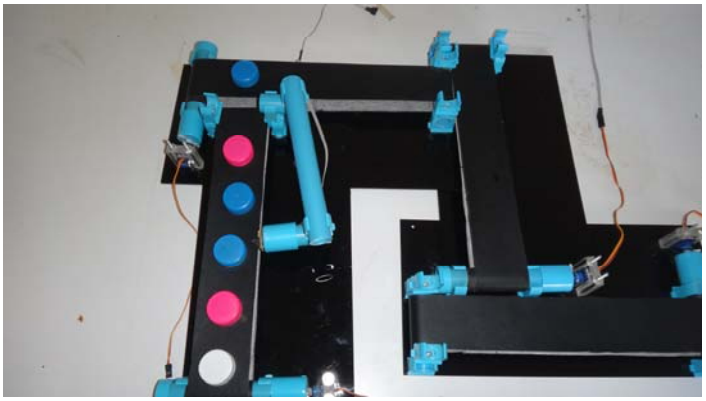
ภาพที่ 4.35 เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุของสายพานลำเรียง

ในการวางชุดเซ็นเซอร์ แอลดีอาร์นี้ จะมีการวางในระยะที่ใกล้สายพานเพื่อจะทำให้สามารถตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่มาผ่านในระยะที่กำหนดได้ ทำให้สามารถตรวจจับได้การวางในระบบสายพานลำเลียงแสดงดังภาพที่ 4.36



ภาพที่ 4.36 การวางเซ็นเซอร์บนสายพานลำเลียง

การใช้งาน การจะใช้วางบนสายพานแต่ละสายพานเพื่อตรวจจับผลิตภัณฑ์ที่มาตามสายพาน ในการทดลองจะใช้ฝาขวดน้ำดื่มในการทดสอบ พบว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ไม่มีความผิดพลาด แสดงลักษณะการวางสายพานลำเลียงและการวางเซ็นเซอร์ดังภาพที่ 4.37



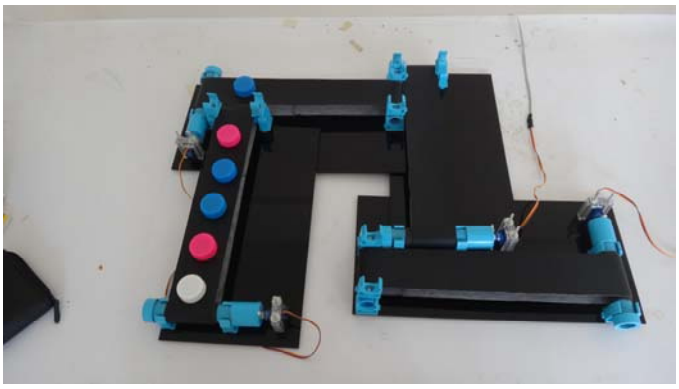
ภาพที่ 4.37 การจัดวางเซ็นเซอร์ในระบบสายพาน

4.1.8 การทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมในงานอุตสาหกรรมสายพานลำเลียง

การทดสอบประสิทธิภาพจะทำการทดสอบจะทำการทดสอบใน 3 ประเด็นดังนี้

4.1.8.1 การทดสอบการทำงานของระบบการควบคุมสายพานระบบเปิด

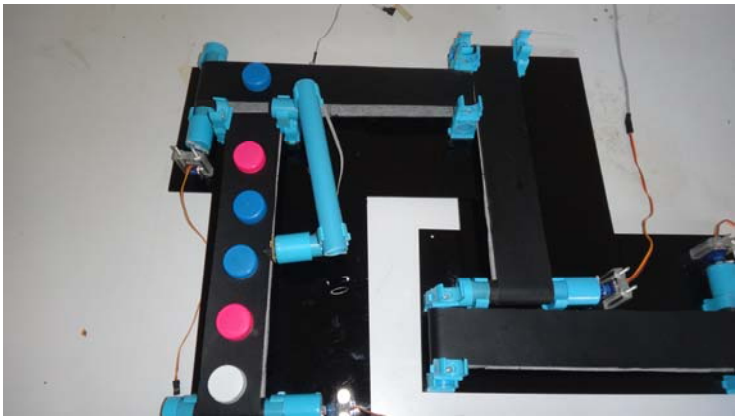
การทดสอบการทำงานของระบบการควบคุมสายพานระบบเปิด การทดสอบแบบนี้จะใช้ฝาขวดน้ำพลาสติกจำนวน 5 ฝาดังภาพที่ 4.38 โดยให้ฝาขวดน้ำเคลื่อนย้ายไปตามสายพายต่อเนื่องกันทุกสายพาน จนกระทั่งถึงจุดสุดท้าย จำนวน 10 ครั้ง ผลการทดสอบพบว่า การเคลื่อนย้ายเป็นไปอย่างต่อเนื่องและเคลื่อนย้ายไปตามสายพานลำเลียงได้ทั้ง 10 ครั้ง



ภาพที่ 4.38 สายพานลำเรียงในระบบเปิด

4.1.8.2 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสายพานระบบปิด

การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสายพานระบบปิด การทดสอบระบบนี้จะทดสอบการใช้เซ็นเซอร์ โดยปล่อยฝาขวดน้ำเคลื่อนที่ไปเรื่อย ๆ แต่เมื่อฝาขวดมาถึงในรัศมีที่ตัวตรวจจับสัญญาณจะตรวจจับได้ ทดสอบดูการตรวจจับ จำนวน 10 รอบการทดสอบพบว่าตัวตรวจจับวัตถุสามารถตรวจจับได้ทั้ง 10 ครั้งไม่มีความผิดพลาดแสดงการทดสอบดังภาพที่ 4.39



ภาพที่ 4.39 สายพานลำเรียงในระบบปิด

4.1.8.3 การทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งาน

การทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งาน การทดสอบจะใช้ชุดคำสั่งในการโปรแกรมควบคุมการสั่งงานของระบบสายพาน โดยการทดสอบจะใช้ผู้ใช้งานทดสอบเป็นเด็กที่เรียนอยู่ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบสายพาน ผลการทดสอบพบว่า เด็กสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมสายพานลำเลียงนี้ได้ โดยสามารถเขียนให้สายพานเคลื่อนย้ายวัตถุในที่นี้ใช้ฝาขวดจำนวน 5 ฝา ในการทดสอบ ซึ่งเด็กสามารถเขียนโปรแกรมให้ฝาขวดเคลื่อนย้ายมาถึงในระยะที่ตัวตรวจจับสามารถตรวจจับได้จะทำให้สายพานหยุดเป็นเวลา 5 วินาทีหลังจากนั้นก็จะเคลื่อนย้ายต่อไป ผลการทดสอบการเคลื่อนย้ายวัตถุและการตรวจจับไม่มีความผิดพลาดแสดงการทดสอบดังภาพที่ 4.40

ภาพที่ 4.40 ทดลองกับผู้ใช้งานในระบบปิด

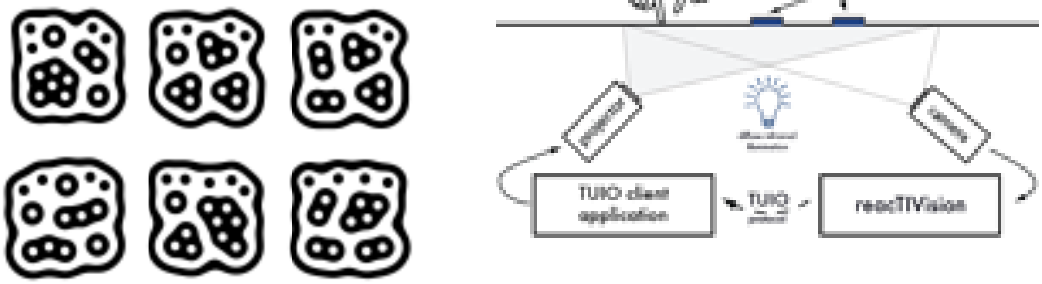
4.2 การสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพ

การออกแบบโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพ เป็นการพัฒนาต่อจากการพัฒนาโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ โดยการออกแบบของชุดโปรแกรมนี้เป็นการผสมผสานกันระหว่างการใช้งานแบบ TUI และGUI เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใกล้ระบบคอมพิวเตอร์ด้วย 2 มือและสามารถมองเห็นการทำงานของโปรแกรมที่ซ่อนอยู่ภายในตัวชุดคำสั่งหุ่นยนต์ได้ ซึ่งการออกแบบจะออกแบบให้ใช้งานในการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี Arduino IDE โดยที่ในการเขียนโปรแกรมที่ควบคุมหุ่นยนต์ในรูปแบบแอคตีพจะมีการซ่อนรายละเอียดของโปรแกรมไว้ภายในตัวชุดคำสั่งที่เป็นหุ่นยนต์ ทำให้ผู้ใช้งานเห็นเพียงตัวหุ่นยนต์ที่เป็นชุดคำสั่งแล้ว ซึ่งการโปรแกรมในลักษณะนี้ง่ายแต่ภายใต้ความง่ายนี้มีโปรแกรมที่ถูกส่งไปยังหุ่นยนต์มีอะไรบ้าง ที่จุดนี้โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพจะสามารถที่จะตอบคำถามและทำให้เห็นโปรแกรมที่ซ่อนอยู่ภายในตัวหุ่นยนต์ได้

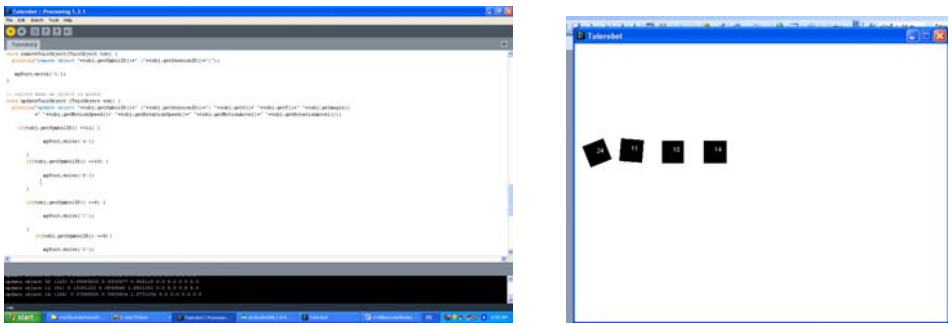
4.2.1 การออกแบบโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพ

ผู้วิจัยได้ใช้เทคโนโลยี reacTIVision 1.4 ที่เว็บไซต์ http://reactivision.sourceforge.net/ มาใช้ในการพัฒนาลอจิกบล็อกแบบพาสซีพโดยเทคโนโลยีนี้จะใช้เพียงกล้องเว็บแคมในการประมวลผลภาพเพื่อถอดรหัส fiducial ตามที่กำหนดไว้ reacTIVision 1.4 เป็นซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์ต (open source) สำหรับการพัฒนาการปฏิสัมพันธ์ที่สัมผัสและรู้สึกได้บนพื้นผิวโต๊ะ (table-based tangible user interfaces (TUI)) และการปฏิสัมพันธ์แบบหลายการสัมผัส (multi-touch

interactive) ในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม reacTIVision 1.4 ร่วมกับโปรแกรม processing IDE โดยโปรแกรมProcessing IDE นี้แสดงดังภาพที่ 4.37 สำหรับการทำงานร่วมกันในการตรวจจับรหัสโค้ดแล้วส่งข้อมูลไปยังหุ่นยนต์ สัญลักษณ์ fiducial และหลักการทำงานแสดงดังภาพที่ 4.36



ภาพที่ 4.41 แสดงสัญลักษณ์ fiducial และหลักการทำงาน
ที่มา: http://reactivision.sourceforge.net/



ภาพที่ 4.42 แสดงโปรแกรม Processing IDE

สำหรับการสั่งให้หุ่นยนต์ทำงานเมื่อกล้องจับภาพรหัสได้แล้วจะทำการแปลงรหัสโค้ดและถูกส่งไปประมวลด้วยโปรแกรม Processing IDE จากนั้นจะส่งข้อมูลไปยังบอร์ด Arduino แสดงดังภาพที่ 4.31 ในบอร์ด Arduino จะส่งข้อมูลไปยังหุ่นยนต์ผ่านคลื่นวิทยุ 2.4 กิกะเฮิร์ต ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์ทำงานตามคำสั่งที่ออกแบบไว้ การออกแบบจะสร้างเป็นตู้ที่ภายในบรรจุ โปรเจ็คเตอร์ กล้องเว็บแคม และคอมพิวเตอร์โน้ตบุค ดังภาพที่ 4.43

ภาพที่ 4.43 โต๊ะสำหรับการเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

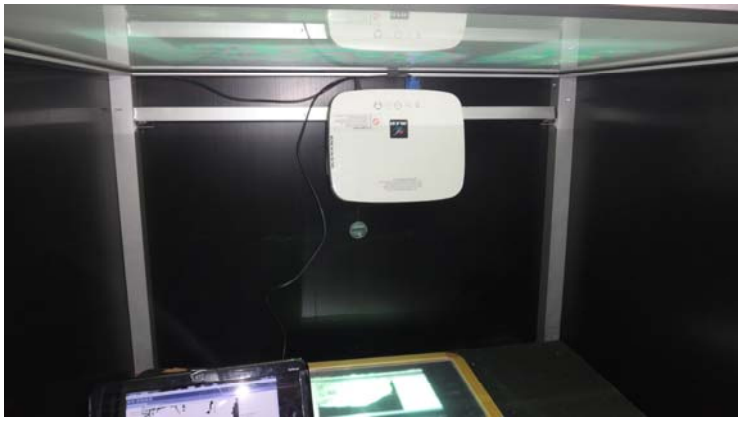
สำหรับกล้องเว็บแคมผู้วิจัยใช้กล้องรุ่น MDC-10 ของบริษัท MD-tech แสดงลักษณะกล้องดังภาพที่ 4.44

ภาพที่ 4.44 แสดงกล้องเว็บแคมรุ่น MDC-10

ในการใช้งานจะมีการติดตั้ง กล้องเว็บแคมและกระจกเพื่อสะท้อนภาพขึ้นไปแสดงบนโต๊ะ ซึ่งการฉายภาพจะทำการฉากลงที่กระจกก่อน ดังนั้น การปรับแต่งภาพจะขึ้นอยู่กับโปรเจ็คเตอร์ และระยะในการสะท้อนของภาพ การติดตั้งกล้องกับกระจกแสดงดังภาพที่ 4.45

ภาพที่ 4.45 การติดตั้งกล้องเว็บแคมและกระจกสะท้อนภาพ

สำหรับระยะของโปรเจ็คเตอร์จะมีความสำคัญต่อการรับขนาดของจอภาพ ในการทดลองจะใช้วิธีการปรับภาพจากโปรเจ็คเตอร์ให้กลับหัวและปรับขนาดของภาพให้เต็มจอบนโต๊ะโดยการแขวนโปรเจ็คเตอร์แสดงดังภาพที่ 4.46 โดยแขวนสูงจากกระจกขนาด 55 เซนติเมตร

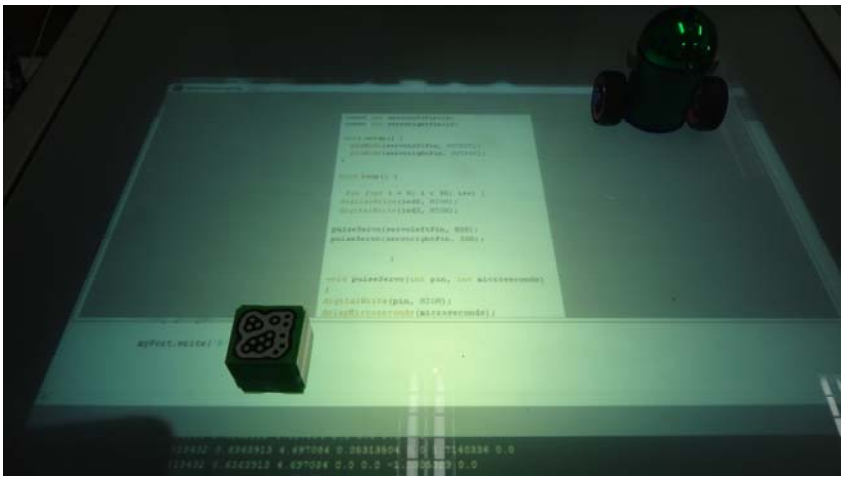


ภาพที่ 4.46 การติดตั้งโปรเจ็คเตอร์

การทดลองฉายภาพขึ้นจอจากภาพที่ 4.47 พบว่าในการฉายภาพจะต้องได้ภาพที่ชัด ซึ่งในการทดลองครั้งแรกจะใช้กระจกสีขาวขุ่นซึ่งพบว่า ภาพไม่ชัดเจน จึงใช้กระดาษลอกลาย พบว่ามีความชัดเจนขึ้นแต่กระดาษถ้ามีรอยย่น จะทำให้ภาพไม่ชัด ซึ่งการที่จะไม่ทำให้กระดาษย่น นั้นทำไม่ได้ จึงทดลองใช้แผ่นอะครีลิแบบขุ่น ดังภาพที่ 4.47 พบว่าแผ่นอะครีลิกแบบขึ้นสามารถให้ภาพที่ชัดมากที่สุด

ภาพที่ 4.47 ลักษณะการฉายภาพขึ้นจอ

การทดสอบการฉายภาพขึ้นจอจะใช้คำสั่งแบบพาสซีพคำสั่งเดียวเพื่อการทดสอบ โดยคำสั่งนี้เมื่อกล้องเว็บแคมตรวจจับรหัสโค้ดได้จะฉายภาพโปรแกรมที่ควบคุมหุ่นยนต์ให้เดินหน้าไปบนจอภาพ ซึ่งจากภาพที่ 4.48 พบว่าการฉายภาพจะมีการหน่วงเวลาเล็กน้อยที่ยอมรับได้ในการแสดงโปรแกรมและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



ภาพที่ 4.48 ชุดคำสั่งและหุ่นยนต์

ส่วนอีกคำสั่งหนึ่งคือ คำสั่งแสดงภาพหุ่นยนต์บนจอภาพซึ่งเป็นภาพเสมือนจริง ดังภาพที่ 4.49 ซึ่งการทำงานของชุดคำสั่งนี้ สามารถที่จะควบคุมหุ่นยนต์ซึ่งเป็นภาพเสมือนบนจอได้ โดยเมื่อหุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์เสมือนก็จะเคลื่อนที่ด้วย การควบคุมจะสามารถที่จะใช้งานควบคุมระยะไกลได้ โดยสามารถดูการทำงานจากหุ่นยนต์เสมือน แทนหุ่นยนต์ของจริงได้

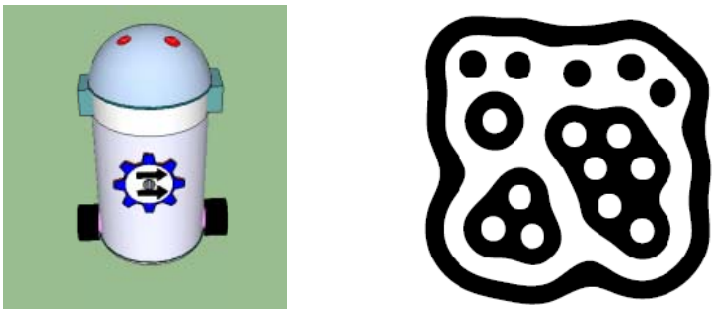
ภาพที่ 4.49 ชุดคำสั่งหุ่นยนต์และภาพเสมือนจริง

4.2.2 การออกแบบชุดคำสั่ง

ในการออกแบบได้ออกแบบชุดคำสั่งไว้ทั้งหมด 7 คำสั่งดังนี้

4.2.2.1 คำสั่งเดินหน้า

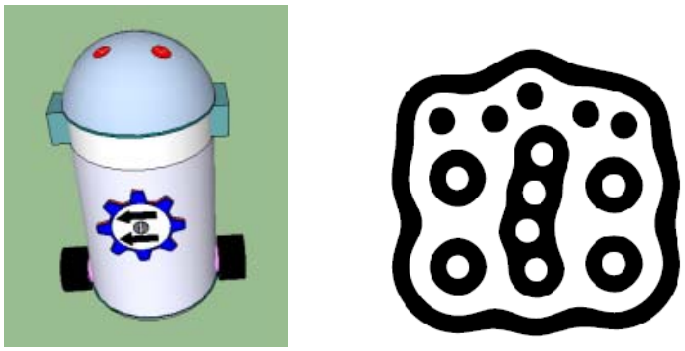
คำสั่งเดินหน้า คำสั่งนี้จะออกแบบเป็นคำสั่งเดินหน้าโดยใช้รหัส fiducial หมายเลข 4 เป็นตัวกำหนดรหัสคำสั่งผ่านกล้องเว็บแคม แสดงดังภาพที่ 4.50



ภาพที่ 4.50 ภาพเสมือนหุ่นยนต์เดินหน้าและ fiducial คำสั่งเดินหน้า

4.2.2.2 คำสั่งถอยหลัง

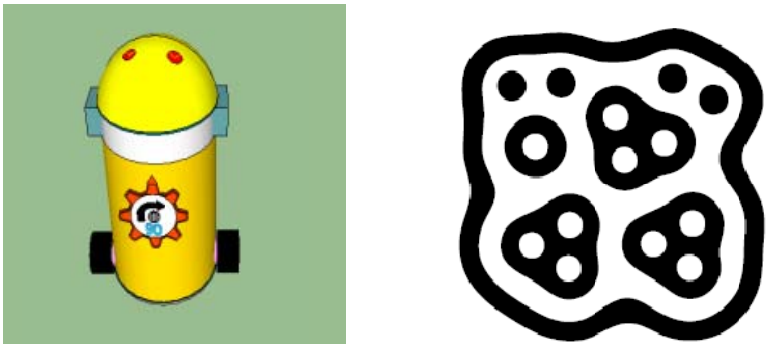
คำสั่งถอยหลัง คำสั่งนี้จะมีลักษณะการใช้งานตรงข้ามกับคำสั่งการเดินหน้าโดยใช้รหัส fiducial หมายเลข 13 สำหรับติดอีกสองด้าน ส่วนอีกสองด้านไม่มีสัญลักษณ์อะไร การออกแบบคำสั่งแสดงดังภาพที่ 4.51



ภาพที่ 4.51 ภาพเสมือนหุ่นยนต์ถอยหลังและ fiducial คำสั่งถอยหลัง

4.2.2.3 คำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา

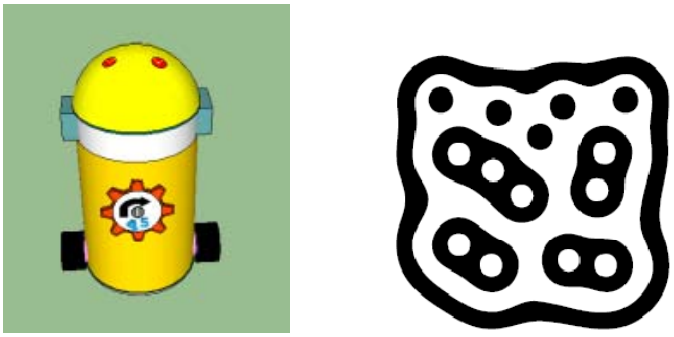
คำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา คำสั่งนี้จะใช้สีเหลืองสำหรับหุ่นยนต์ภาพเสมือนจริงและ คำสั่งนี้จะใช้รหัส fiducial หมายเลข 1 การออกแบบคำสั่ง แสดงดังภาพที่ 4.52



ภาพที่ 4.52 ภาพเสมือนหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย 90 องศาและ fiducial คำสั่งเลี้ยว 90 องศา

4.2.2.4 คำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา

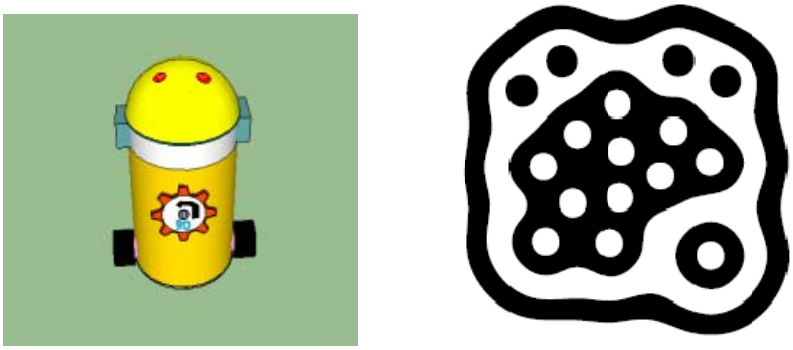
คำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา คำสั่งนี้จะใช้หุ่นยนต์เสมือนจริงเช่นเดียวกันกับการเลี้ยวซ้าย 90 คือเป็นสีเหลือง โดยคำสั่งนี้จะใช้หัส fiducial หมายเลข 6 การออกแบบคำสั่งแสดงดังภาพที่ 4.53



ภาพที่ 4.53 ภาพเสมือนหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย 45 องศาและ fiducial คำสั่งเลี้ยว 45 องศา

4.2.2.5 คำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา

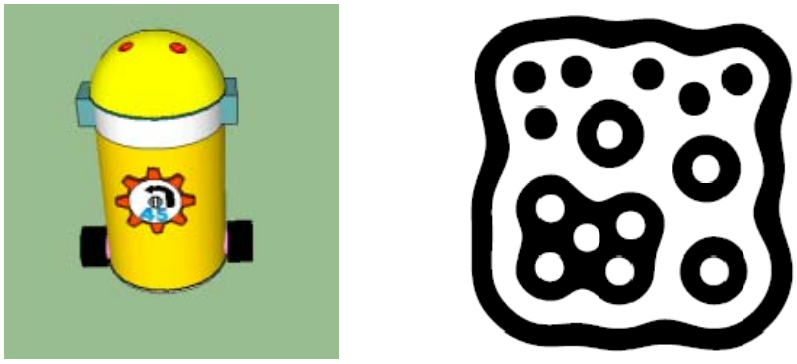
คำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา คำสั่งนี้ใช้สีเหลืองและมีลูกศรตรงหน้าท้องโดยคำสั่งนี้จะใช้รหัส fiducial หมายเลข 15 การออกแบบคำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศาแสดงดังภาพที่ 4.54



ภาพที่ 4.54 ภาพเสมือนหุ่นยนต์เลี้ยวขวา 90 องศาและ fiducial คำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา

4.2.2.6 คำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา

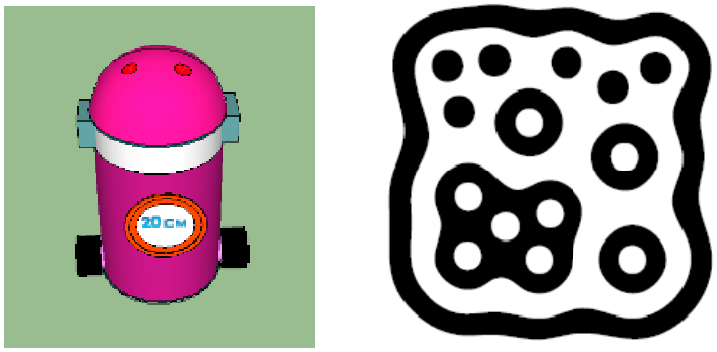
คำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา คำสั่งนี้ใช้สีเหลืองและมีลูกศรที่หน้าท้อง โดยมีหมายเลขกำกับ 45 องศา โดยคำสั่งนี้จะใช้หัส fiducial หมายเลข 12 การออกแบบคำสั่งเลี้ยวขวา 45 แสดงดังภาพที่ 4.55



ภาพที่ 4.55 ภาพเสมือนหุ่นยนต์เลี้ยวขวา 45 องศาและ fiducial คำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา

4.2.2.7 คำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร

คำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร คำสั่งนี้ใช้สีชมพู มีตัวเลข 20 CM ที่หน้าท้องเป็นการบอกระยะทางของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยคำสั่งนี้จะใช้หัส fiducial หมายเลข 12 การออกแบบแสดงดังภาพที่ 4.56



ภาพที่ 4.56 ภาพเสมือนหุ่นยนต์ระยะทาง 20 เซนติเมตรและ fiducial ระยะทาง 20 เซนติเมตร

ผลการวิจัยระยะที่ 2 การทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและแบบพาสซีพ

การทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและแบบพาสซีพในการใช้งานจริงผู้วิจัยประเมินจากการปฏิสัมพันธ์ของผู้เริ่มต้นโดยได้นำเสนอ 3 ประเด็นคือ

1. การใช้งานจริงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในระบบควบคุมพื้นฐาน กรณีศึกษา การควบคุมหุ่นยนต์
2. การใช้งานจริงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในระบบควบคุมพื้นฐาน กรณีศึกษา การควบคุมในงานอุตสาหกรรม
3. การใช้งานจริงการแสดงนิทรรศการและการแข่งขันหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

4.3 การใช้งานจริงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในระบบควบคุมพื้นฐาน กรณีศึกษา การควบคุมหุ่นยนต์

ในการศึกษาจะทำการศึกษาการปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้งานในการควบคุมหุ่นยนต์แบบระบบเปิดและการควบคุมหุ่นยนต์แบบระบบปิดด้วยการสร้างความรู้ด้วยตนเองและการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน

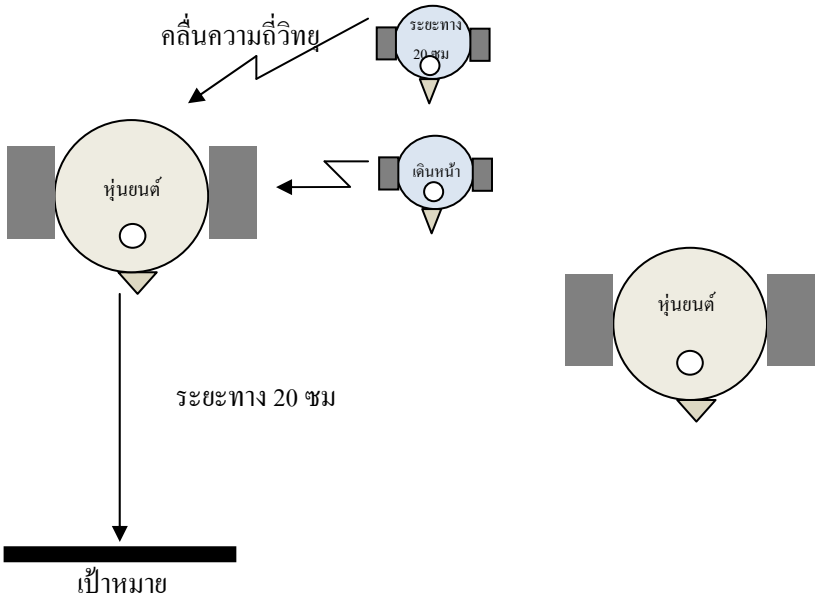
4.3.1 การสร้างความรู้ด้วยตนเอง

การสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการควบคุมหุ่นยนต์แบบระบบเปิดจะใช้แนวคิดของการควบคุมดังภาพที่ 4.57 โดยหลักการของระบบนี้คือการควบคุมระบบที่เอาท์พุตจะไม่มีผลกระทบต่ออินพุต ในการออกแบบผู้วิจัยได้ออกแบบให้หุ่นยนต์รับรู้คำสั่ง จากโปรแกรมที่ส่งมาจากชุดคำสั่งและทำการทดสอบเป็นกรณีศึกษาต่าง ๆ จากการทำงานเบื้องต้นได้แก่ คำสั่งเดินหน้าแล้วหยุดจนถึงระบบการใช้คำสั่งที่ซับซ้อนขึ้น

ภาพที่ 4.57 แสดงบล็อกไดอะแกรมการควบคุมระบบแบบเปิด

4.3.1.1 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด: กรณีศึกษา การควบคุมให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้าแล้วหยุด

การสร้างความรู้ด้วยตนเองในกรณีนี้จะเป็นการให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจการสั่งการและควบคุมหุ่นยนต์ การที่จะทำให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้าด้วยระยะที่กำหนดแล้วหยุดลงตรงเป้าหมายที่กำหนด ดังภาพที่ 4.58 ผู้ใช้งาน จะต้องทราบเกี่ยวกับอะไรบ้าง ในเบื้องต้นผู้วิจัยได้แนะนำชุดการทำงานของระบบการทดลองนี้ดังภาพที่ 4.58 และภาพที่ 4.59 ประกอบด้วย หุ่นยนต์ และชุดคำสั่งสำหรับควบคุมหุ่นยนต์ ได้แก่ คำสั่งเดินหน้า และคำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร การทำงานของหุ่นยนต์จะเริ่มจากการส่งคำสั่งจากหุ่นยนต์คำสั่งเดินหน้าด้วยคลื่นความถี่วิทยุ 2.4 กิกะเฮิร์ต ไปยังหุ่นยนต์ คำสั่งจะถูกบันทึกไว้ที่ตัวหุ่นยนต์เป็นคำสั่งแรก ในการรับคำสั่งแรกหุ่นยนต์จะไม่สามารถทำงานได้เพราะเป็นการโปรแกรมเพียงสั่งให้หุ่นยนต์เดินหน้าเท่านั้น การที่หุ่นยนต์จะเดินได้ต้องตามด้วยคำสั่งที่บอกระยะทางของหุ่นยนต์ที่จะต้องเดินไปข้างหน้าด้วยระยะทางเท่าไร ในที่นี้คือ ระยะทาง 20 เซนติเมตร คำสั่งระยะทางนี้จะถูกส่งไปยังหุ่นยนต์ และเก็บบันทึกในตัวหุ่นยนต์เป็นคำสั่งที่ 2 ต่อจากคำสั่งแรกที่ส่งไป เมื่อหุ่นยนต์รับคำสั่งเรียบร้อยแล้ว การทดสอบการเดินของหุ่นยนต์ จะทำให้หุ่นยนต์ทำงานตามที่โปรแกรมไว้ โดยสัมผัสกับตัว LDR บนตัวหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นจุดสีขาวดังภาพที่ 4.60 จะทำให้หุ่นยนต์เดินหน้าไปด้วยระยะทาง 20 เซนติเมตรแล้วหุ่นยนต์จะหยุดตรงเป้าหมาย



ภาพที่ 4.58 แสดงหุ่นยนต์และชุดคำสั่ง

ภาพที่ 4.59 แสดงหุ่นยนต์และชุดคำสั่งของหุ่นยนต์ทั้งหมด

ผลการวิจัยพบว่า ในกรณีนี้ผู้ใช้งานสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง 2 วิธี คือ 1) ผู้ใช้งานจะนำหุ่นยนต์มาต่อเรียงลำดับกันดังภาพที่ 4.60 เพื่อการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินหน้า 20 เซนติเมตร 2) การโปรแกรมผู้ใช้งานจะนำชุดคำสั่งมาโปรแกรมหุ่นยนต์ที่ละคำสั่งโดยอิสระจากกันดังภาพที่ 4.60

ภาพที่ 4.60 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์โดยเรียงลำดับคำสั่ง

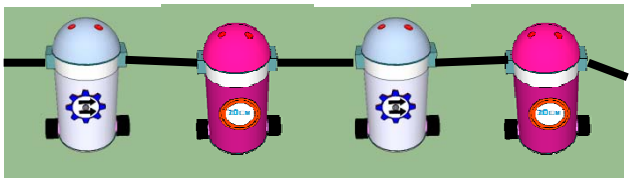
จากการใช้วิธีการทั้งสองวิธีทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้เหมือนกัน แต่กรณีที่ 2 ทำให้ผู้ใช้งานพบว่าการที่จะโปรแกรมหุ่นยนต์ไม่จำเป็นต้องนำคำสั่งมาเรียงเป็นลำดับเหมือนกรณีที่ 1 ก็ได้สามารถทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้เช่นเดียวกัน ซึ่งจากผลการวิจัยทำให้ผู้ใช้งานได้ทราบแนวคิดเบื้องต้นของการเขียนโปรแกรม ในกรณีที่ 1 เป็นการเขียนโปรแกรมแบบดังเดิมคือการเขียนโปรแกรมแบบเรียงลำดับคำสั่ง ส่วนการเขียนแบบที่ 2 เป็นแนวคิดการเขียนโปนแกรมเชิงวัตถุ

4.3.1.2 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด: กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้า 2 ครั้ง

การทดสอบการสร้างความรู้ด้วยตนเองในกรณีนี้ เป็นการทดสอบเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจหลักการทำงานของหุ่นยนต์ในกรณี ถ้าหุ่นยนต์เดินไปข้างหน้า แล้วหยุด หลังจากนั้นจะทำการเดินหน้าอีกครั้งแล้วหยุด เป็นการทำความเข้าใจระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม (concrete) และสิ่งที่เป็นนามธรรม (abstract) จากเงื่อนไขการทำงานของโปรแกรม สิ่งที่เป็นนามธรรมคือ จะต้องมีการสั่งงานหุ่นยนต์สองครั้งโดยใช้คำสั่งเพียง 2 คำสั่ง คือ คำสั่งเดินหน้า และคำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร ผลการวิจัยพบว่า เด็กจะใช้คำสั่ง เดินหน้า 2 คำสั่ง และ คำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร 2 คำสั่ง แสดงดังภาพที่ 4.61 เป็นการเข้าใจสิ่งที่มองเห็นเป็นรูปธรรม ซึ่ง คือ คำสั่ง 4 คำสั่ง

ส่วนการเขียนโปรแกรมดังภาพที่ 4.62 ทำให้หุ่นยนต์สามารถเดินหน้า 2 ครั้งได้ แต่เมื่อผู้ใช้งานทำซ้ำกับโปรแกรมคำสั่ง 2 คำสั่งแรก 2 ครั้งซึ่งพบว่าสามารถทำงานได้เช่นเดียวกันกับการโปรแกรมดังภาพที่ 4.62 จากการโปรแกรมทั้ง 2 รูปแบบการทำงานเหมือนกัน แต่แบบที่สองเป็นนามธรรม สามารถประหยัดคำสั่งไปถึง 2 คำสั่ง การค้นพบของการทำซ้ำผู้วิจัยไม่ได้แนะนำให้เด็กได้ทราบแต่เด็กทราบจากการที่ลองผิดลองถูก ซึ่งทำให้สามารถโปรแกรมให้หุ่นยนต์ทำงานได้ โดย

ประหยัดคำสั่งไปเท่าตัว จากการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เด็กสามารถใช้วิธีการลองผิดลองถูกและเกิดองค์ความรู้ขึ้นได้ด้วยตนเองเป็นองค์ความรู้ที่เป็นนามธรรมได้ ในการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินหน้า 2 ครั้ง ซึ่งเดิมมีคำสั่ง 4 คำสั่งเปลี่ยนเป็นการโปรแกรม เพียง 2 คำสั่งดังภาพที่ 4.62



ภาพที่ 4.61 แสดงคำสั่งเดินหน้า 2 ครั้งแล้วหยุด 4 คำสั่ง

ภาพที่ 4.62 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เพียงสองคำสั่งแต่เดินหน้า 2 ครั้ง 2 คำสั่ง

จากการโปรแกรมให้หุ่นยนต์ให้เดินหน้าเป็นจำนวน 2 ครั้งข้างต้นเมื่อเทียบกับโปรแกรม Logo พบว่าในโปรแกรม Logo เด็กหรือแม้แต่ผู้ใหญ่ไม่สามารถเข้าใจได้

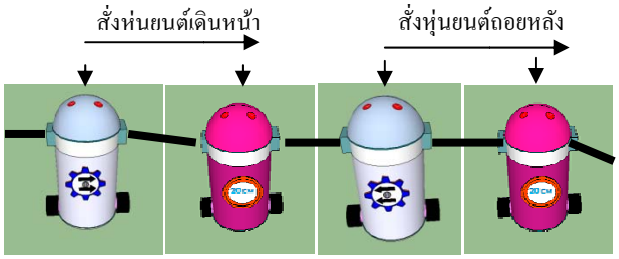
```
To  forward
Repeat  2
Forward 20
End
```

จากการทดลองผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจการทำงานแบบวนซ้ำของคำสั่ง ซึ่งเป็นรูปแบบของการใช้คำสั่งของคอมพิวเตอร์ที่ต้องการให้การทำงานของสิ่งที่โปรแกรมทำงานแบบซ้ำ ๆ

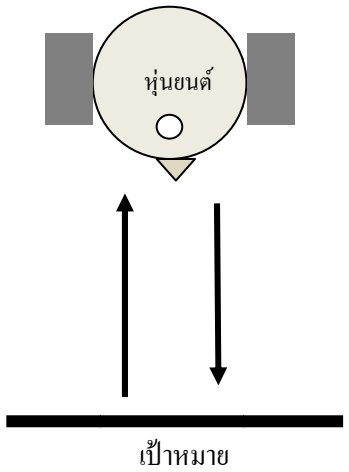
ได้ โดยไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งซ้ำๆกันได้แต่ใช้วิธีการวนซ้ำในการทำคำสั่ง ซึ่งในคำสั่งของคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานจริงได้แก่ คำสั่ง Loop Repeat เป็นต้น

4.3.1.3 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด: กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้าแล้วถอยหลังกลับที่เดิม

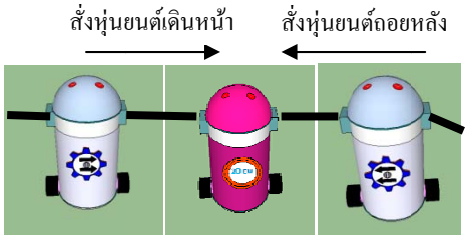
การทดลองคำสั่งนี้กับผู้ใช้งานเพื่อต้องการให้เข้าใจคำสั่งถอยหลัง ซึ่งเป็นคำสั่งที่จะต้องทราบสำหรับการโปรแกรมพื้นฐานเมื่อมีการโปรแกรมหุ่นยนต์ ผู้วิจัยได้ให้โจทย์แก่ผู้ใช้งานให้ทำการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินหน้าแล้วถอยหลังกลับมาที่ตำแหน่งเดิม ผลการวิจัยพบว่าเด็กได้ลองผิดลองถูกกับหุ่นยนต์โดยใช้คำสั่งโปรแกรม 2 คำสั่ง คือ คำสั่งถอยหลังและคำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร ดังภาพที่ 4.63 ผลการวิจัย จากการลองผิดลองถูกของผู้ใช้งาน พบว่าเด็กยังคงใช้ 4 คำสั่ง คือ คำสั่งเดินหน้าด้วยระยะทาง 20 เซนติเมตร แล้วถอยหลังด้วยระยะทาง 2 เซนติเมตรกลับมาที่ตำแหน่งเดิม จากการทดลองการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้ใช้งานยังคงติดอยู่กับรูปแบบที่เป็นรูปธรรมคือการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินหน้าและถอยหลังตามจำนวนคำสั่งคือ 4 คำสั่ง เมื่อผู้วิจัยได้ให้ความช่วยเหลือโดยการแนะนำว่า การโปรแกรมเราสามารถใช้เพียง 3 คำสั่งดังภาพที่ 4.65 ได้พบว่า ผู้ใช้งานเข้าใจได้ทันทีว่า มันคล้ายกับการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินหน้า 2 ครั้งแต่ใช้คำสั่งเพียง 2 คำสั่ง แต่การโปรแกรมในหัวข้อนี้ ใช้สามคำสั่งดังภาพที่ 4.65



ภาพที่ 4.63 แสดงคำสั่งเดินหน้าแล้วถอยหลัง 4 คำสั่ง



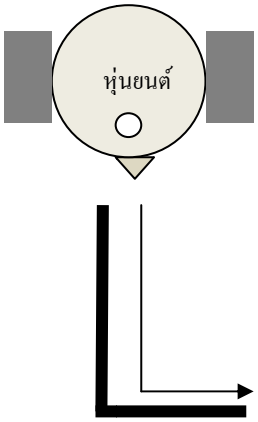
ภาพที่ 4.64 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินหน้าถึงเป้าหมายแล้วถอยหลังสู่ตำแหน่งเดิม



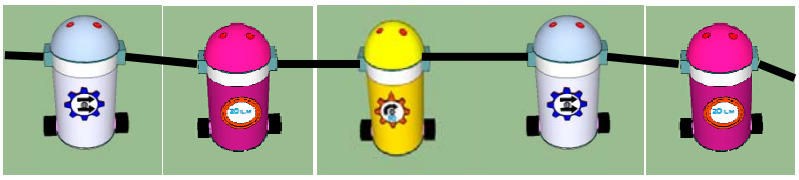
ภาพที่ 4.65 แสดงคำสั่งถอยหลังด้วยระยะทาง 20 เซนติเมตรจำนวน 3 คำสั่ง

4.3.1.4 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด: กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษร แอล

การควบคุมระบบเปิดด้วยการควบคุมให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวแอลดังภาพที่ 4.66 สำหรับการทดลองนี้เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจการทำงานของคำสั่งเลี้ยว ในกรณีนี้เป็นการสั่งให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้า 20 เซนติเมตร แล้วเลี้ยวซ้าย 90 องศาหลังจากนั้นเดินหน้าต่อ 20 เซนติเมตรแล้วหยุด ผู้ใช้งานจะสับสนกับคำสั่งการเลี้ยว เนื่องจากคุ้นเคยกับคำสั่งการเดินหน้าหรือถอยหลัง ซึ่งเมื่อโปรแกรมการเดินหน้าแล้วจะต้องตามด้วยระยะทาง แต่สำหรับคำสั่งการเลี้ยวเป็นการสั่งให้หุ่นยนต์เลี้ยวเป็นมุม 90 องศาหรือ 45 องศา ผู้ใช้งานสามารถโปรแกรมคำสั่ง ดังภาพที่ 4.67 ได้



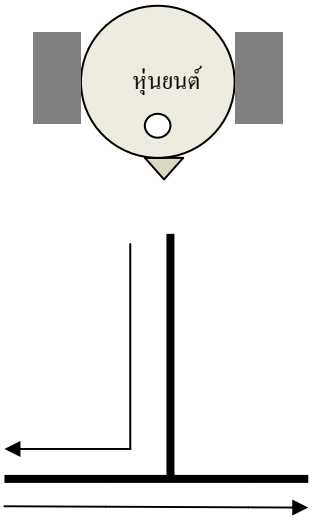
ภาพที่ 4.66 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินหน้าแล้วถอยหลัง



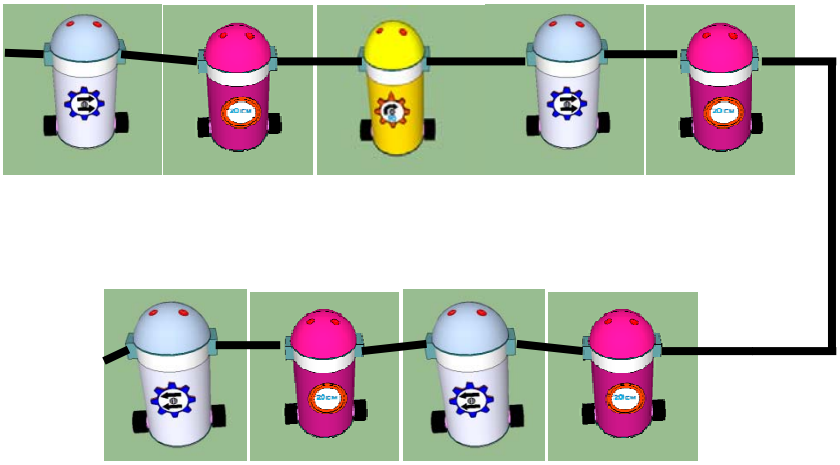
ภาพที่ 4.67 แสดงคำสั่งโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวแอล

4.3.1.5 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด: กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษร ที

การทดลองในกรณีนี้เป็นการให้ผู้ใช้ได้เข้าใจคำสั่งการเลี้ยวขวาเป็นมุม 90 องศา พร้อมกับการทำงานที่ประกอบด้วย คำสั่งเดินหน้า คำสั่งถอยหลัง ซึ่งหุ่นยนต์จะเดินเป็นรูปตัวที ดังภาพที่ 4.68 การสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้ใช้งานค่อนข้างยากเพราะว่า ในการโปรแกรมมีคำสั่งที่ซับซ้อนในขั้นตอนเริ่มต้นพบว่า ผู้ใช้งานจะทดลองการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินหน้าและถอยหลัง โดยทำการลองผิดลองถูก จนกระทั้งสามารถโปรแกรมได้โดยโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 4.69

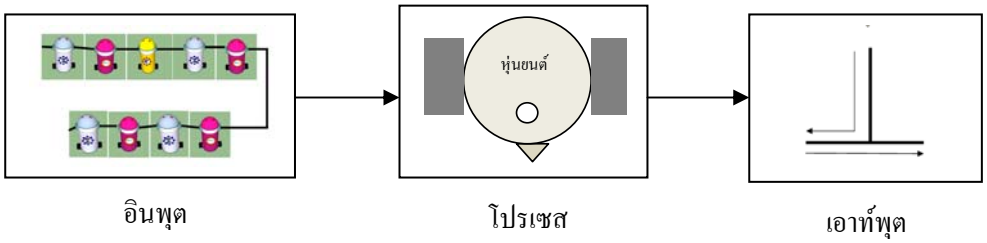


ภาพที่ 4.68 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษรตัวที



ภาพที่ 4.69 แสดงคำสั่งโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษรตัวที

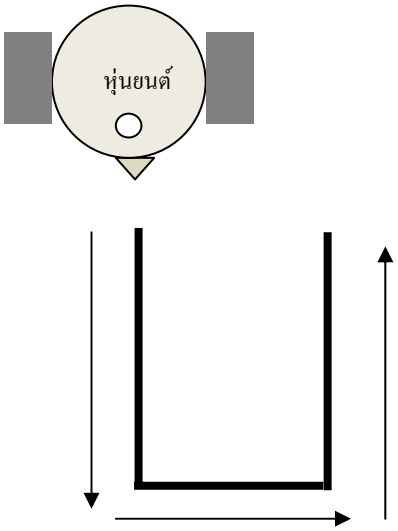
สำหรับการสำรวจความคิดเกี่ยวกับระบบควบคุมแบบเปิดพบว่า ในขั้นตอนของการโปรแกรมพบว่าผู้เริ่มต้นสามารถโปรแกรมหุ่นยนต์ได้ ซึ่งหมายความว่าสามารถเข้าใจหลักการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ได้ แต่เมื่อผู้วิจัยถามถึงระบบความคุมหุ่นยนต์แบบเปิด พบว่าผู้ใช้งานไม่สามารถตอบได้ ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบให้เห็นว่า ระบบประกอบด้วย 3 ส่วนดังภาพที่ 4.70 โดยคำสั่งที่ที่สัมผัสและรู้สึกได้ เป็นหุ่นยนต์ตัวเล็กคือ อินพุท ส่วนการโปรเซสคือตัวหุ่นยนต์ และลักษณะการเคลื่อนที่ เป็นรูปตัวที เป็นเอาท์พุต แล้วให้ผู้ใช้งานวาดรูป ระบบแบบเปิด พบว่า สามารถเข้าใจระบบแบบเปิดในการควบคุมหุ่นยนต์



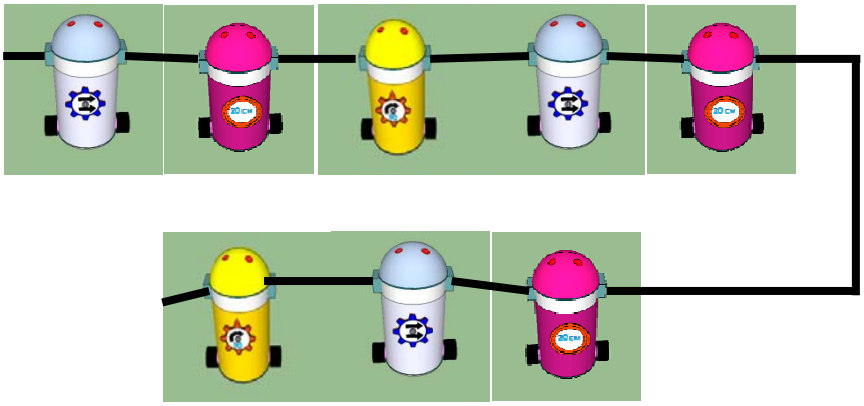
ภาพที่ 4.70 แสดงความเข้าใจระบบแบบเปิด

4.3.1.6 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด: กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษร ยู

การทดลองนี้เป็นการให้ผู้ใช้งานทำความเข้าใจการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปข้างหน้า กับคำสั่งเลี้ยว จากการทดลองที่ผ่านมาผู้ใช้จะเกิดความซับสนในคำสั่งการเลี้ยวกับการเดินหน้า ในการทดลองนี้พบว่า ผู้ใช้งานสามารถโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวยูได้ และสามารถอธิบายความแตกต่างการใช้งานคำสั่งเดินหน้าและคำสั่งการเลี้ยวได้ โดยการทำงานของหุ่นยนต์แสดงดังภาพที่ 4.71 และโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 4.72



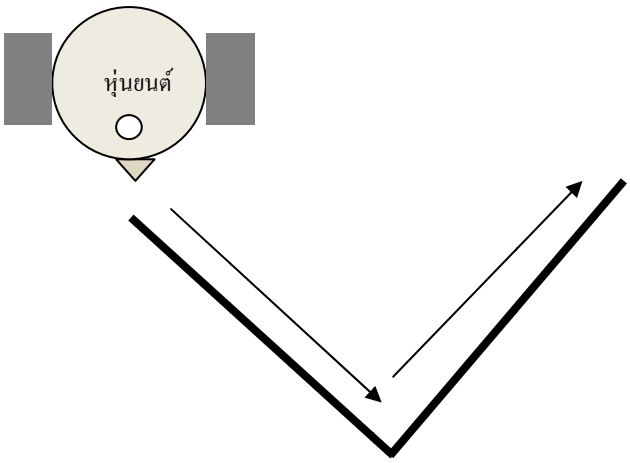
ภาพที่ 4.71 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินหน้าแล้วถอยหลัง



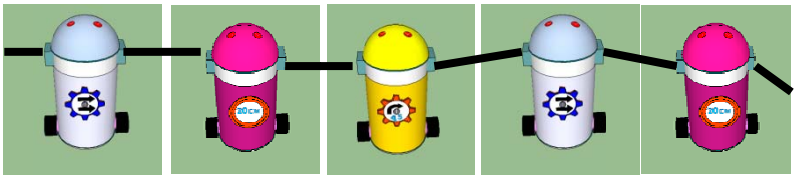
ภาพที่ 4.72 แสดงคำสั่งโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวยู

4.3.1.7 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด: กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวอักษร วี

สำหรับกรณีนี้เป็นการเรียนรู้คำสั่งการเลี้ยวด้วยมุม 45 องศาโดยให้หุ่นยนต์เดินหน้าเป็นระยะทาง 20 เซนติเมตรแล้วเลี้ยวซ้าย 45 องศา เดินหน้าต่อด้วยระยะทาง 20 เซนติเมตร การทดลองนี้พบว่าผู้ใช้งานสามารถโปรแกรมให้หุ่นยนต์ทำงานเดินเป็นรูปตัววีได้ไม่ยากนัก การเดินแสดงดังภาพที่ 4.73 และโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 4.74



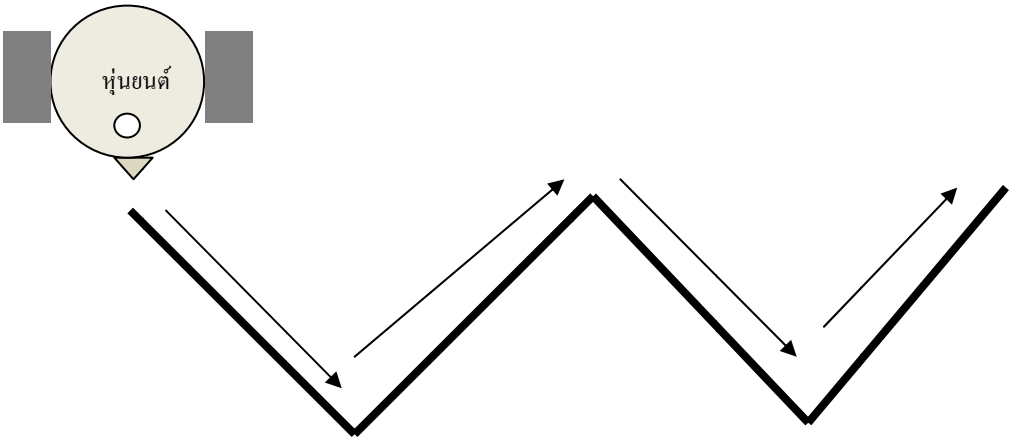
ภาพที่ 4.73 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินหน้าเป็นรูปตัววี



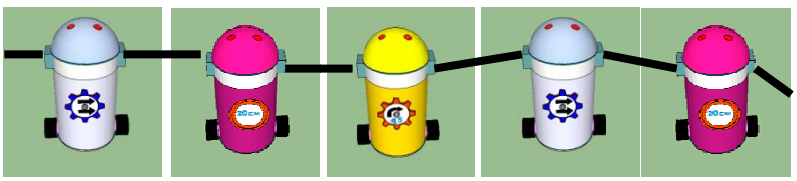
ภาพที่ 4.74 แสดงคำสั่งโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัววี

4.3.1.8 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด: กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินซิกแซก

การทดลองนี้เป็นการให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูป ซิกแซกเป็นการนำแนวคิดของการเดินเป็นรูปตัววีมาใช้โดยให้หุ่นยนต์เดินซิกแซก ซึ่งสามารถใช้คำสั่งการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัววีจำนวน 2 ครั้งการวิจัยพบว่า ผู้ใช้งานสามารถโปรแกรมการเดินเป็นรูปซิกแซกได้โดยการเดินแสดงดังภาพที่ 4.75 และโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 4.76



ภาพที่ 4.75 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เดินซิกแซก



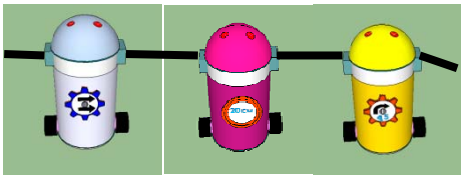
ภาพที่ 4.76 แสดงคำสั่งโปรแกรมหุ่นยนต์เดินซิกแซก

4.3.1.9 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด: กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยม

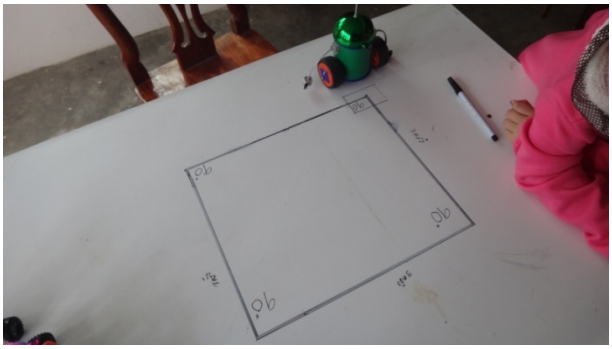
การควบคุมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมเป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเองที่เป็นในระดับที่ซับซ้อนกว่าการเดินที่ผ่านมา การโปรแกรมแกรมหุ่นยนต์ในลักษณะนี้จะทำให้ผู้ใช้งานเกิดความเข้าใจในเรื่องของสี่เหลี่ยม โดยผู้ใช้งานจะได้ทราบถึงว่ามุมที่เกิดขึ้นภายในสี่เหลี่ยมเป็นมุมกี่องศา เพื่อจะสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมตามที่กำหนดไว้ นอกจากนั้นผู้ใช้งานจะต้องเข้าใจการเขียนโปรแกรมจะต้องวางลำดับการเขียนโปรแกรมอย่างไร ซึ่งโปรแกรมการทำให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้วยทั่วไปแล้วการเขียนด้วยโปรแกรมภาษา Logo

```
To   Square
Repeat  4
 Forward 20
Turn Right 90
End
```

จากโปรแกรมข้างต้นจะเห็นว่าจะมีการกำหนดการวนซ้ำการทำงานอยู่ 4 ครั้ง ภายในการทำงาน 4 ครั้ง จะมีคำสั่งอยู่สองคำสั่งคือ คำสั่งเดินหน้า ด้วย ระยะทาง 20 เซนติเมตร และคำสั่งเลี้ยวขวาเป็นมุม 90 องศา จากโปรแกรม Logo พบว่าผู้ใช้งานไม่สามารถที่จะเข้าใจการทำงานได้และไม่สามารถที่จะโปรแกรมได้ แต่กับโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ เป็นโปรแกรมที่จับต้องได้มองเห็นผู้ใช้งานสามารถร่วมกันทำการโปรแกรมให้หุ่นยนต์ทำงานได้ ผลการวิจัยพบว่า ในระยะเริ่มต้นเป็นการยากที่ผู้ใช้งานจะเข้าใจการโปรแกรม ผู้ใช้งานจะเข้าใจเพียงทำให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้าแล้วเลี้ยวขวาแล้วหยุดเท่านั้น การที่จะทำให้หุ่นยนต์เดินเป็นสี่เหลี่ยมต้องทำเช่นเดิมคือ โปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินหน้า แล้วเลี้ยวขวาเป็นจำนวน 4 รอบจึงทำให้หุ่นยนต์สามารถเดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมได้ แสดงดังภาพที่ 4.77 และภาพที่ 4.78



ภาพที่ 4.77 แสดงโปรแกรมที่ควบคุมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก



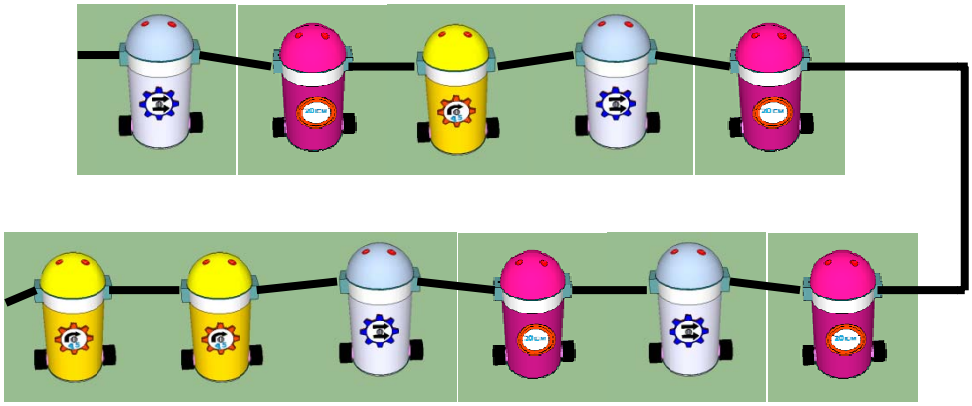
ภาพที่ 4.78 แสดงลักษณะการอธิบายในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

จากการทดลองอะไรคือประสบการณ์ที่เด็กได้รับ ผลการวิจัยพบว่า เด็กเกิดประสบการณ์เกี่ยวกับ 1) ความรู้เกี่ยวกับมุมที่เป็นองศา เด็กพบว่าภายในสี่เหลี่ยมแต่ละมุมเป็น 90 องศาจากการที่ทดลองโปรแกรมหุ่นยนต์โดยการสั่งให้หุ่นยนต์เดินหน้าแล้วเลี้ยวเป็นมุม 90 องศา จำนวน 4 ครั้งจะทำให้ได้สี่เหลี่ยมมุมฉาก จากการทดลองพบว่า เด็กรับรู้ค่าของมุมจากคำสั่งที่เด็กโปรแกรมให้กับหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นการค้นพบและสร้างความรู้ด้วยตัวเด็กเอง ส่วนสามเหลี่ยมมุมฉาก มีมุม 45 องศา และ 90 องศา จากการทดลองพบว่าเด็กสามารถทำความเข้าใจอย่างอัตโนมัติเกี่ยวกับมุมเมื่อโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก 2) การทำซ้ำของคำสั่งเด็กรับรู้จากการโปรแกรม 4 คำสั่งโดยในการโปรแกรมรูปสี่เหลี่ยมเด็กจะต้องโปรแกรม 3 คำสั่งซ้ำจำนวน 4 รอบ คือ คำสั่งเดินหน้า คำสั่งระยะทางและคำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศาจึงจะทำให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยม 3) การเปลี่ยนแปลงสภาวะคือเด็กสามารถรับรู้ได้ว่าการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมมีสภาวะเหมือนกันแตกต่างกันเพียงองศา ซึ่งรูปภาพเหลี่ยมต่างๆจะแตกต่างกันได้ถ้าเราทำมุมในการเลี้ยวให้ต่างกัน 4) ระบบควบคุมแบบเปิดการควบคุมแบบนี้หุ่นยนต์จะไม่รับรู้สิ่งรอบข้างแต่จะทำตามคำสั่งที่ผู้โปรแกรมสั่งเท่านั้น เช่นกรณีเด็กใช้มือขวางหุ่นยนต์แต่หุ่นยนต์จะพยายามดันโดยไม่ถอยหลังกลับอัตโนมัติ 5) การควบคุมระบบแบบปิด การโปรแกรมหุ่นยนต์เมื่อหุ่นยนต์ชนกับกำแพงจะทำให้หุ่นยนต์ถอยหลังทันทีอย่างอัตโนมัติ ซึ่งหุ่นยนต์รับรู้ว่ามีสิ่งกีดขวางผ่านเซ็นเซอร์ซึ่งเป็นการป้อนกลับข้อมูลด้านเอาท์พุต

4.3.1.10 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบเปิด: กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสามเหลี่ยม

จากความเข้าใจระบบควบคุมแบบเปิดด้วยตนเอง พบว่า สิ่งที่ยากสำหรับเด็กหรือแม้แต่ผู้ใหญ่คือ ลำดับของการโปรแกรม ในการทำให้หุ่นยนต์เดินไปเป็นรูปสามเหลี่ยมดังภาพที่ 4.79

ภาพที่ 4.79 แสดงการโปรแกรมหุ่นยนต์เป็นรูป สามเหลี่ยมมุมฉาก

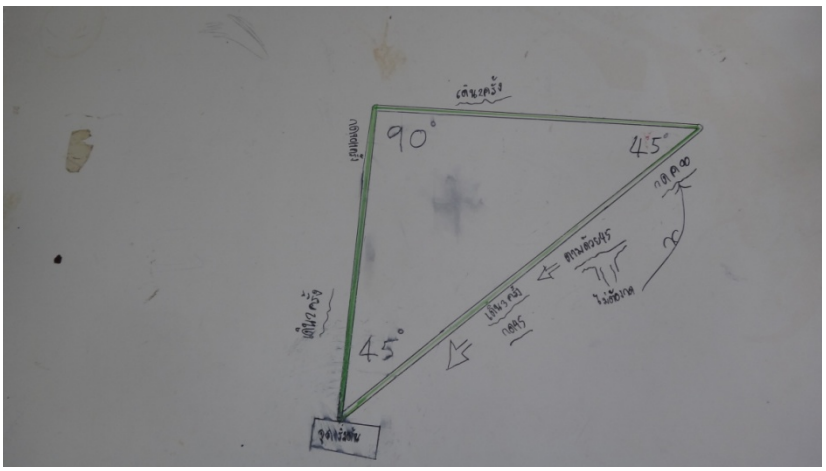


ภาพที่ 4.80 แสดงคำสั่งการโปรแกรมหุ่นยนต์เป็นรูป สามเหลี่ยมมุมฉาก

การสั่งงานให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสามเหลี่ยมจะมีความยากกว่าการทำให้หุ่นยนต์เดินเป็นสี่เหลี่ยม เด็กจะมีความสับสนในการโปรแกรมหุ่นยนต์ให้เลี้ยวซึ่งพบว่า เด็กไม่สามารถที่จะเข้าใจได้ว่า การที่จะทำให้หุ่นยนต์เดินเป็นสามเหลี่ยมนั้น จะต้องให้หุ่นยนต์เลี้ยวเป็นมุมกี่องศา และการให้หุ่นยนต์เลี้ยวเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากจะต้องให้หุ่นยนต์เลี้ยวเป็นกี่องศา เช่นเดียวกัน จากการทดลองเด็กจะมีวิธีในการแก้ปัญหาคือ เด็กจะใช้วิธีการลองผิดลองถูก โดยเริ่มจาก การโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินหน้าแล้วเลี้ยว ซึ่งจากโปรแกรมที่สร้างขึ้น จะมีการออกแบบคำสั่งการเลี้ยว 4 คำสั่งคือ การเลี้ยวซ้าย 2 คำสั่งคือ การเลี้ยวซ้ายด้วยมุม 45 องศา และมุม 90 องศา การเลี้ยวขวาจะมี 2 คำสั่งเช่นเดียวกัน

คือ การเลี้ยวขวา 45 องศา และ เลี้ยวขวา 90 องศา เด็กจะลองโปรแกรมการเลี้ยวทั้งสองรูปแบบ ก่อนหลังจากนั้นเด็กจะสามารถโปรแกรมการเดินของหุ่นยนต์เป็นรูป สามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมได้ โดยโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 4.80

ในการสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสามเหลี่ยมพบว่าเด็กมีวิธีการการสร้างความรู้โดยการเขียนและอธิบายการทำงานของหุ่นยนต์ดังภาพที่ 4.81



ภาพที่ 4.81 แสดงลักษณะการอธิบายในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

จากภาพพบว่า เด็กจะเริ่มจากเขียนอธิบายการทำงานของหุ่นยนต์ สั่งหุ่นยนต์เดินหน้าจำนวน 2 ครั้ง แล้วจะลองทดสอบดู หลังจากนั้นจะมีการทดสอบการเลี้ยวซึ่งในภาพเด็กจะเขียนว่า กด 90 องศา 1 ครั้ง ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์เลี้ยวขวา 90 องศา แล้วตามด้วยการกดเดินหน้า 2 ครั้ง การเดินที่มีความยากสำหรับเด็กคือการที่จะต้องเลี้ยว 2 ครั้ง ซึ่งในที่นี้คือการเลี้ยวขวา 90 องศา แล้วเลี้ยวขวาเป็นมุม 45 องศาอีกครั้งหลังจกนั้นจะต้องเดินหน้าอีกสองครั้ง จากภาพที่ 4.81 จะพบว่าเด็กสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยวิธีการ ลองผิดลองถูกแล้วเขียนคำสั่งลงไปที่รูปภาพ เพื่อจะได้โปรแกรมครั้งต่อไป

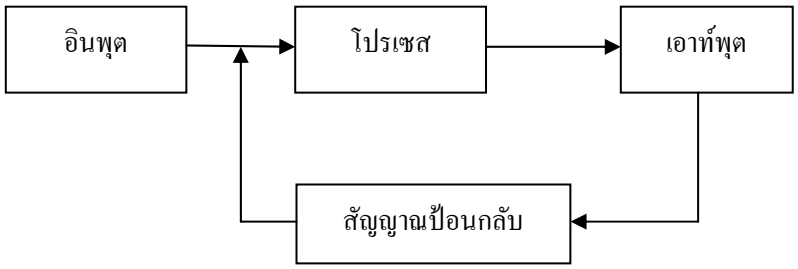
จากการทดลองพบว่า โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน กับโปรแกรมภาษา Logo เมื่อเปรียบเทียบคำสั่งต่อคำสั่งแล้ว เด็กสามารถเข้าใจโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ได้ง่ายกว่าโปรแกรม Logo เพราะโปรแกรมนี้สามารถจับต้องได้ ไม่ต้องเข้าใจหลักไวยากรณ์ เด็กสามารถหยิบจับโปรแกรมแล้วเชื่อมต่อด้วยสายสัญญาณและโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้ทันที

ยกตัวอย่างเช่น การใช้คำสั่งเดินหน้า 1 คำสั่ง คำสั่งระยะทาง 1 คำสั่งและคำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา 1 คำสั่ง ทำการโปรแกรมหุ่นยนต์ซ้ำจำนวน 4 ครั้งหุ่นยนต์ก็สามารถเดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมได้ แต่โปรแกรมภาษา Logo เด็กต้องเรียนรู้ หลักไวยากรณ์ภาษา พิมพ์คำสั่งและดาวโหลดโปรแกรมไปที่ตัวหุ่นยนต์ ขั้นตอนมีความยุ่งยากมากกว่าโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐานมาก

4.3.2 การสร้างความรู้ด้วยตนเอง

4.3.2.1 ระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบปิด

การควบคุมระบบแบบปิดเป็นการควบคุมแบบให้ระบบทำตามค่าที่กำหนดไว้ และมีการตรวจสอบนำผลที่ได้ทางด้านเอาท์พุตกลับไปปรับกระบวนการ การทำงานของระบบโดยอัตโนมัติเพื่อให้ได้ ผลทางด้านเอาท์พุตเป็นไปตามค่าเป้าหมายที่กำหนดแสดงดังภาพที่ 4.82



ภาพที่ 4.82 แสดงการทำงานของระบบควบคุมแบบปิด

การควบคุมหุ่นยนต์ให้สามารถรับรู้สิ่งต่างๆเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปชนหรือสัมผัส เช่น กำแพงหรือผนัง ทำให้หุ่นยนต์รับรู้ว่ามีสิ่งกีดขวาง สิ่งสำคัญคือหุ่นยนต์จะต้องมีเซ็นเซอรสำหรับตรวจจับสิ่งเหล่านั้น ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบหุ่นยนต์ดังภาพที่ 4.83 โดยมีเซ็นเซอร์ที่ต่อไว้ทางด้านหน้า 3 จุดแต่ใช้งานเพียงด้านข้าง 2 ข้างเพื่อทำหน้าที่ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง

ภาพที่ 4.83 หุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

การโปรแกรมหุ่นยนต์จะใช้คำสั่งเพิ่มเข้ามาอีก 2 ชุดคำสั่งคือ คำสั่งทางเลือก (if) และคำสั่งเซ็นเซอร์ การโปรแกรมหุ่นยนต์แสดงดังภาพที่ 4.84 ซึ่งเป็นการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินหน้าไปเรื่อยๆจนกระทั่งชนกับผนังกำแพง แล้วถอยหลังกลับมาและหยุด คำสั่งประกอบด้วย คำสั่งเดินหน้า คำสั่ง if คำสั่ง เซ็นเซอร์ คำสั่งถอยหลัง และคำสั่งระยะทาง

ภาพที่ 4.84 โปรแกรมหุ่นยนต์ชนสิ่งกีดขวางแล้วถอยหลังกลับ

การทดสอบทำความเข้าใจการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อหุ่นยนต์เจอสิ่งกีดขวาง เซ็นเซอร์ที่อยู่ด้านหน้าหุ่นยนต์จะเป็นตัวตรวจจับ คำถามที่ตามมาสำหรับผู้ใช้งานคือ จะมีวิธีการในการเขียนโปรแกรมอย่างไรให้หุ่นยนต์รับทราบการว่ามีสิ่งกีดขวาง จากการทดลองสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามเกี่ยวกับตัวตรวจจับการชนกำแพงของมนุษย์จะใช้อะไรในการตรวจจับกำแพง พบว่าผู้ใช้งานสามารถตอบได้คือ สายตา แต่สำหรับหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นไม่มีดวงตาแต่จะแทนที่ด้วยเซ็นเซอร์แบบสัมผัส 2 ข้าง ซึ่งผู้วิจัยเปรียบเทียบให้เห็นระหว่างตาของมนุษย์กับ กับเซ็นเซอร์ทั้ง 2

ข้าง สำหรับโปรแกรม ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจและสามารถโปรแกรมหุ่นยนต์ได้ดังภาพที่ 4.84 ซึ่งจากการทดลองในการทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจด้วยตนเองในการโปรแกรมคือ การเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่เป็นจริงขณะนั้นในที่นี้ผู้วิจัยใช้การเปรียบเทียบกับการตรวจจับสิ่งกีดขวางของมนุษย์ ซึ่งพบว่าผู้ใช้งานเข้าใจง่าย ขึ้น และสามารถโปรแกรมหุ่นยนต์ให้ตรวจจับสิ่งกีดขวางได้

4.3.3 การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน

การแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน ปกติแล้วการเขียนโปรแกรมด้วยคอมพิวเตอร์จะเขียนโดยไม่มีการปรึกษาหารือกันในการเขียนโปรแกรม แต่โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้เป็นโปรแกรมที่สามารถทำให้ผู้เขียนโปรแกรมทำการเขียนโปรแกรมร่วมกันได้ จากผลการวิจัยพบว่า การเขียนโปรแกรมด้วยวิธีนี้ผู้ใช้งานสามารถลองผิดลองถูกร่วมกันได้ โดยสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่อโปรแกรมที่อยู่เบื้องหน้าได้ จากภาพที่ 4.85 ผู้ใช้งานกำลังโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยม โดยลองผิดลองถูกและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน

ภาพที่ 4.85 แสดงการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการโปรแกรมหุ่นยนต์

ผลการวิจัยพบว่า วิธีการในการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้ใช้งานจะเริ่มจากการโปรแกรมจากสิ่งง่ายๆคือการเดินหน้าแล้วเลี้ยวขวา จากภาพที่ 4.86 จะเห็นว่าผู้ใช้งานใช้โปรแกรมชุดคำสั่งเพียง 3 คำสั่งคือ คำสั่งเดินหน้า คำสั่งระยะทาง และคำสั่งเลี้ยวขวา ซึ่งผู้ใช้งานจะมีการทดลองทำซ้ำๆ จนกระทั่งหุ่นยนต์เดินเป็นสี่เหลี่ยมตามต้องการ

ภาพที่ 4.86 แสดงการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันก่อนการทำการโปรแกรมหุ่นยนต์

การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ในลักษณะนี้พบว่า ผู้ใช้งานจะนั่งล้อมวงกันและถกเถียงแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ภาพที่ 4.86 แสดงการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของผู้ใช้งานโดยได้อธิบายการทำงานของหุ่นยนต์ลงเป็นกระดาษเพื่อแลกเปลี่ยนกัน โดยอธิบายสิ่งที่ตนเองคิดแล้วแลกเปลี่ยนกับคนอื่น ๆ

การร่วมกันสร้างโปรแกรม การสร้างโปรแกรมถ้าเป็นโปรแกรมที่สร้างบนจอคอมพิวเตอร์มักจะทำการเขียนโปรแกรมเพียงคนเดียว แต่โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับการควบคุมหุ่นยนต์นี้ จะสามารถช่วยกันสร้างโปรแกรมด้วยกันได้ โดยสามารถเปลี่ยนแปลงโปรแกรมและจับต้องโปรแกรมได้ ผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้งานจะสลับกันโปรแกรม ซึ่งนอกจากจะได้รับความรู้ไปพร้อมๆกันของการโปรแกรมหุ่นยนต์แล้ว ยังเกิดความสนุกสนานในการโปรแกรมด้วย ภาพที่ 4.87 แสดงให้เห็นว่า การทำงานร่วมกันในการโปรแกรมหุ่นยนต์สามารถทำให้เด็กที่มีอายุต่างกันทำงานด้วยกันได้ จากภาพเป็นเด็กอายุ 6 ขวบและ 8 ขวบ ซึ่งทั้งสองคนจะช่วยกันสร้างโปรแกรมให้หุ่นยนต์ทำงาน

ภาพที่ 4.87 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

สำหรับผู้ใช้งานที่เป็นเด็กโต พบว่า การสร้างความรู้ด้วยตนเองจะใช้วิธีการลองผิดลองถูกเช่นเดียวกัน โดยจากภาพที่ 4.88 จะเห็นว่าผู้ใช้งานที่เป็นเด็กโตจะนั่งล้อมวงกันในการสร้างโปรแกรม โดยได้ทำการแบ่งการเขียนโปรแกรมออกเป็นสองชุด โดยชุดที่ 1 เป็นการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยม ส่วนโปรแกรมชุดที่ 2 จะโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินหน้าเป็นเส้นทแยงมุมเพื่อต้องการศึกษาพื้นที่ของสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมจากการเดินของหุ่นยนต์ จากการทำงานสร้างโปรแกรมในรูปแบบสองชุดนี้เป็นการสร้างโปรแกรมซึ่งในการเขียนโปรแกรมบนจอคอมพิวเตอร์เรียกว่าการเขียนโปรแกรมแบบฟังก์ชัน หรือแบบโปรแกรมย่อย การทำงานจะมีลักษณะคล้ายกัน จากภาพที่ พบว่าการทำงานร่วมกันในการสร้างโปรแกรมผู้ใช้งานจะแบ่งหน้าที่กันทำงานมีการวางแผนการทำงาน ในกลุ่มมี 6 คนภายในกลุ่มจะแบ่งงานกันทำคำสั่งย่อยที่ 1 จำนวน 3 คน คำสั่งย่อยที่ 2 จำนวน 3 คน

ภาพที่ 4.88 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

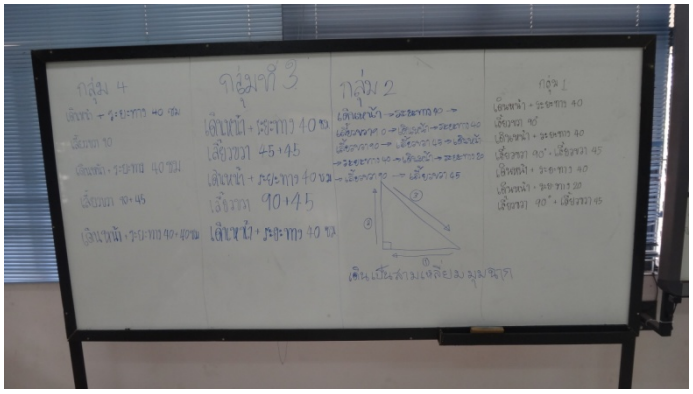
จากการที่ให้นักศึกษาสร้างความรู้ด้วยตนเอง นักศึกษารู้จักวิธีการในการโปรแกรมหุ่นยนต์ตั้งแต่พื้นฐานคือ การสั่งให้หุ่นยนต์เดินตามที่กำหนด การเดินเป็นรูปต่างๆตามรูปแบบข้างต้น หลังจากนักศึกษาเข้าใจการทำงานของโปรแกรมและหุ่นยนต์แล้วผู้วิจัยได้ทดสอบการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมภาษาซี โปรแกรม Arduino IDE สำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ดังภาพที่ 4.89 พบว่านักศึกษาสามารถเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับการควบคุมหุ่นยนต์สามารถทำให้นักศึกษาในระดับอาชีวศึกษา สามารถโปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมภาษาซีซึ่งเขียนบนคอมพิวเตอร์ได้เร็วขึ้น

ภาพที่ 4.89 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

การเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ ทำให้นักศึกษารู้จักการทำงานร่วมกัน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีการปรึกษาหารือกันดังภาพที่ 4.90 ซึ่งการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี ไม่สามารถทำได้ นักศึกษาสามารถหยิบจับคำสั่งขึ้นมาอธิบายให้เพื่อนๆรับรู้ว่าในการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินหน้าหรือถอยหลังจะต้องใช้คำสั่งอะไร ซึ่งในกลุ่มสามารถถกเถียงและปรึกษาหารือกันได้

ภาพที่ 4.90 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

การเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับควบคุมหุ่นยนต์ การเขียนโปรแกรมจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งแต่ละกลุ่มจะสามารถสร้างโปรแกรมด้วยตนเอง ในภาพที่ 4.91 แสดงให้เห็นโปรแกรมเมื่อนักศึกษาจำนวน 4 กลุ่มได้เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ให้เดินเป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งพบว่าแต่ละกลุ่มมีการสร้างโปรแกรมด้วยตนเอง



ภาพที่ 4.91 แสดงการเขียนโปรแกรมแต่ละกลุ่ม

การแข่งขันหุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวางด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ ซึ่งเป็นการจัดแข่งขันเพื่อทดสอบการเรียนรู้และการสร้างความรู้จากผู้ที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้มาก่อน ผลการวิจัยพบว่า การเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สามารถทำให้ผู้เข้าร่วมการแข่งขันสามารถใช้โปรแกรมนี้ ในการโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ ซึ่งการแข่งขันแสดงดังภาพที่ 4.92 ซึ่งแต่ละกลุ่มจะทำการทดสอบหุ่นยนต์ก่อนการแข่งขัน

ภาพที่ 4.92 บรรยากาศการแข่งขันหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

ในการแข่งขัน พบว่า ผู้เข้าร่วมการแข่งขันมีการเขียนโปรแกรมในลักษณะคล้ายกับโปรแกรมฟังชันในภาษาซี ดังภาพที่ 4.93 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการทดลองที่ผ่านมาซึ่งพบว่าผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่อโปรแกรมเป็นฟังชันไว้ก่อน ซึ่งทำให้ง่ายในการนำมาใช้งาน โดยในเวลาใช้งานเพียงเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายพลังงานแล้วทำการโปรแกรม

ภาพที่ 4.93 การเขียนโปรแกรมแบบฟังชันด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ร่วมแสดงในงานราชภัฏเพชรบุรีวิชาการ 2556 พบว่า เด็ก ๆ ให้ความสนใจอยากเรียนรู้โดยเด็กนักเรียนได้สอบถามและผู้วิจัยได้ร่วมอธิบายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ดังภาพที่ 4.94

ภาพที่ 4.94 เด็กนัดเรียนให้ความสนใจโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

การได้มีโอกาสในการทดสอบหุ่นยนต์ นักเรียนมีความตื่นเต้นที่ได้สัมผัสกับหุ่นยนต์ดังภาพที่ 4.95 ซึ่งจากการสอบถาม นักเรียนกลุ่มนี้ ไม่เคยเห็นและสัมผัสการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์มาก่อน และได้รับคำยืนยันจากเด็กนักเรียนกลุ่มนี้ว่า โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับควบคุมหุ่นยนต์โปรแกรมและเรียนรู้ได้ง่ายเพียงแค่สัมผัสหุ่นยนต์ชุดคำสั่งตามลำดับคำสั่งเพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานตามที่ต้องการ

ภาพที่ 4.95 เด็กนักเรียนสัมผัสหุ่นยนต์เมื่อโปรแกรมเสร็จ

4.4 การใช้งานจริงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในระบบควบคุมพื้นฐาน กรณีศึกษา การควบคุมในงานอุตสาหกรรม

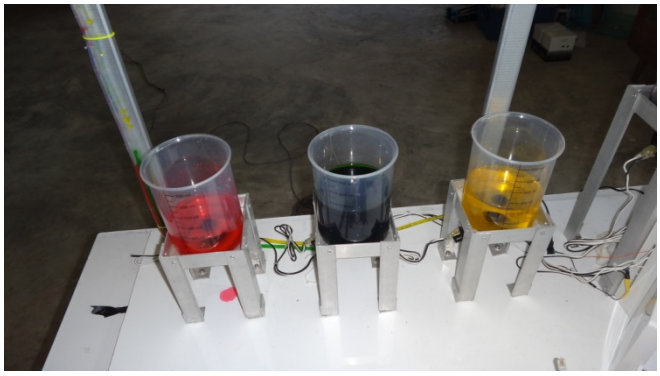
การทดลองในงานควบคุมอุตสาหกรรมเป็นการทดลองระบบควบคุมการผสมสารเคมีในถัง ซึ่งเป็นการฝึกทักษะแนวคิดในการควบคุมในงานอุตสาหกรรมซึ่งระบบการควบคุมในงานอุตสาหกรรมจะมีความแตกต่างจากการควบคุมหุ่นยนต์ ซึ่งการควบคุมจะใช้แนวคิดการควบคุมพื้นฐานเหมือนกัน แต่การโปรแกรมจะเน้นที่การทำงานของกระบวนการ ที่มีการทำงานที่ต่อเนื่องเป็นลำดับ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งกระบวนการทำงานในลักษณะนี้เรียกว่าการควบคุมแบบกระบวนการ โดยได้ทำการทดลองดังนี้

4.4.1 การสร้างความรู้ด้วยตนเอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองให้ผู้ใช้งานสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยสร้างโปรแกรมควบคุมระบบผสมสารเคมีและระบบสายพานลำเลียง ซึ่งจากการเรียนรู้ในการสร้างความรู้ด้วยตนเองจะเป็นการให้ผู้ใช้งานได้โปรแกรมระบบต่างๆด้วยตนเองโดยผู้วิจัยให้คำแนะนำ

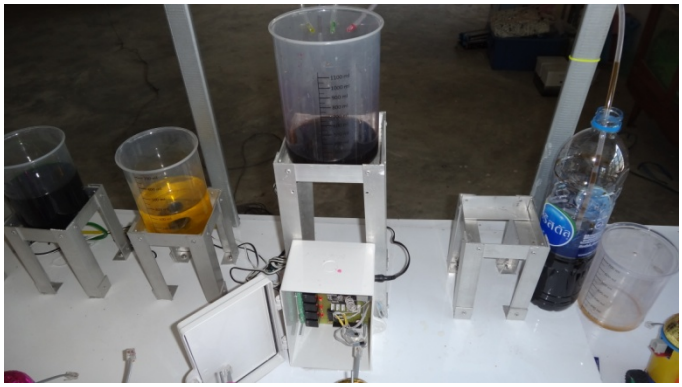
4.4.1.1 ระบบควบคุมการผสมสารเคมีแบบเปิด:กรณีการผสมสารเคมี

การควบคุมในงานอุตสาหกรรมระบบที่มีการใช้งานมากระบบหนึ่งคือการผสมสารเคมี ซึ่งการผสมสารเคมีจะมีรูปแบบการควบคุมที่เหมือนกันซึ่งส่วนมากจะใช้ระบบที่เป็นกระบวนการที่ทำงานอย่างต่อเนื่อง ในการทดลองผู้วิจัยได้ออกแบบระบบจำลองการควบคุมสารเคมีโดยมีสารเคมีจำนวน 3 ถัง ดังภาพที่ 4.96 แต่ละถังจะถูกสูบน้ำไปยังถังผสม โดยในการสูบเข้าถังผสมจะสามารถสูบได้ที่ละถัง



ภาพที่ 4.96 ถังสารเคมีจำนวน 3 ถัง

การควบคุมระบบจะใช้กล่องชุดควบคุมระบบดังภาพที่ 4.97 ที่รับคำสั่งจากหุ่นยนต์คำสั่งที่จะทำการโปรแกรมให้กล่องควบคุมทำงานในการควบคุมการสูบน้ำเข้าถังเป็นลำดับไป

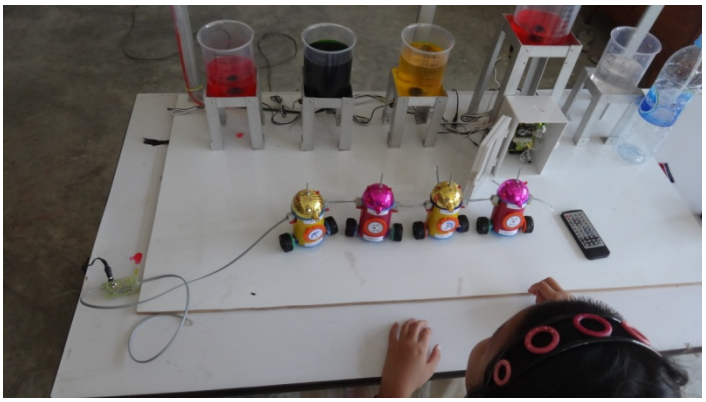


ภาพที่ 4.97 กล่องควบคุมระบบการสูบน้ำเข้าถัง

โปรแกรมคำสั่งหุ่นยนต์จะส่งคำสั่งผ่านระบบความถี่วิทยุ 2.4 กิกะเฮิร์ต ไปยังกล่องควบคุมดังภาพที่ 4.98 ซึ่งโปรแกรมจะถูกเก็บไว้ที่กล่องควบคุม ในการสั่งงานระบบควบคุมการผสมสารเคมีเป็นลำดับ ในการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้ใช้งานพบว่า ผู้ใช้งานจะทำการทดลองโดยการสูบน้ำเข้าทีละถังเพื่อต้องการทราบการทำงานดังภาพที่ 4.107 เป็นการโปรแกรมให้ถัง 1 สูบน้ำเป็นเวลา 3 วินาที เพื่อดูปริมาณของน้ำ

ภาพที่ 4.98 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

จากการทดลองควบคุมน้ำ 1 ถังต่อจากนั้นพบว่า ผู้ใช้งานทดลองเพิ่มคำสั่งเพื่อจะสั่งให้ถังที่สองทำงานจากภาพที่ 4.99 ผู้ใช้งานจะใช้คำสั่งทั้งหมด 4 คำสั่งซึ่งได้แก่ คำสั่ง ปั๊มน้ำ 1 เวลา 3 วินาที -> ปั๊มน้ำ 2 เวลา 5 วินาที และหลังจากนั้นจะใช้รีโหมดควบคุมการสูบน้ำ โดยทำการเริ่มต้นที่กล่องควบคุม แสดงให้เห็นว่าผู้โปรแกรมเข้าใจการโปรแกรมคำสั่งแบบลำดับ



ภาพที่ 4.99 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

เมื่อทดลองการทำงานของทั้งสองปั๊มแล้ว ภาพที่ 4.100 ผู้ใช้งานจะทำการเพิ่มปั๊มตัวที่ 3 เพื่อทำการควบคุมเป็นระบบแบบต่อเนื่องอัตโนมัติ โดยทำการโปรแกรมทั้ง 3 ปั๊มให้มีการทำงานอย่างต่อเนื่อง ผู้ใช้งานพบว่า เวลาสามารถเป็นตัวกำหนดการทำงานอย่างอัตโนมัติได้

ภาพที่ 4.100 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

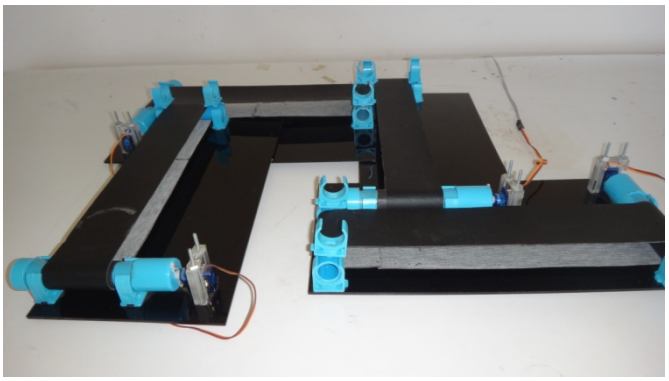
เมื่อโปรแกรมด้วยชุดคำสั่งโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แล้วโปรแกรมจะถูกส่งไปเก็บไว้ที่กล่องควบคุมซึ่งจะทำการทดสอบการทำงานของระบบ ผู้ใช้งานจะใช้รีโหมดควบคุมในการเริ่มต้นการทำงานให้ปั๊มทำงานเป็นลำดับดังภาพที่ 4.101 ในการสูบน้ำจากถังสารเคมีถังสามถังไปยังถังผสมขั้นตอนต่างๆเหล่านี้ จะทำให้ผู้ใช้งานรู้จักการทำงานเป็นลำดับขั้นตอน

ภาพที่ 4.101 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

4.4.1.2 ระบบควบคุมสายพานลำเรียงแบบเปิด: กรณีศึกษา สายพานอัตโนมัติ

การทดลองให้ผู้ใช้งานสร้างสร้างความรู้ด้วยตนเองในกรณีศึกษา สานพานลำเลียงอัตโนมัติดังภาพที่ 4.110 จากภาพในการจัดเรียงสายพานจะทำให้สายพานเคลื่อนย้ายวัตถุต่อกันเป็นทอด ๆ

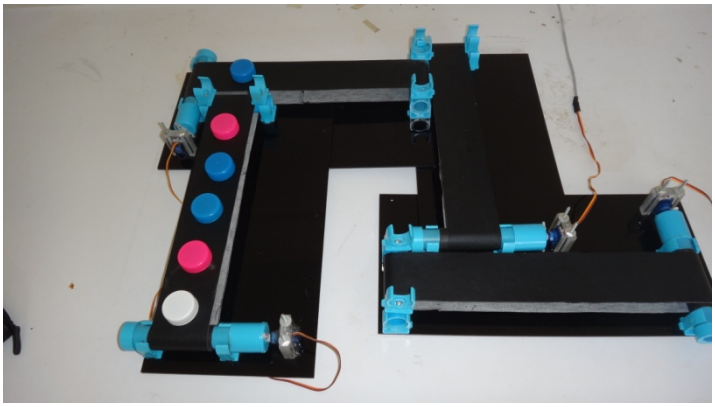
โดยสายพานแต่ละเส้นจะหมุนไปเรื่อย ๆ ซึ่งการที่จะส่งให้สายพานทำงานจะต้องมีการโปรแกรมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ดังภาพที่ 4.102



ภาพที่ 4.102 การวางสายพานลำเลียงอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

ภาพที่ 4.103 โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับการควบคุมสายพานลำเลียงจำนวน 4 เส้น

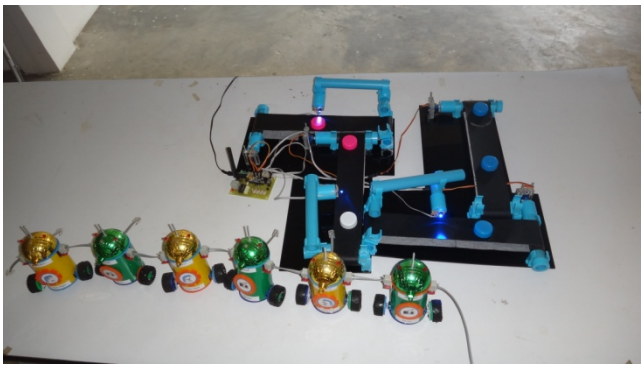
ในการวางวัตถุ ผู้ใช้งานจะวางวัตถุดังภาพที่ 4.104 โดยการวางจะวางเรียงกันเป็นลำดับ ให้มีระยะที่ห่างกันพอสมควร การทดลองพบว่าผู้ใช้งานจะมีการลองผิดลองถูกในเรื่องของระยะการวาง ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลาพอสมควรในการวางให้ได้ ระยะที่วัตถุสามารถเคลื่อนย้ายไปตามสายพานในระยะที่เหมาะสม



ภาพที่ 4.104 แสดงหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

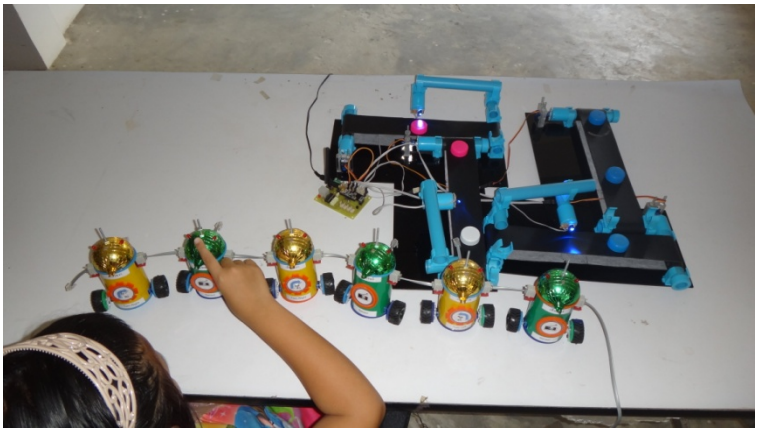
4.4.1.3 ระบบควบคุมสายพานลำเรียงแบบปิด: กรณีศึกษา สายพานอัตโนมัติ

การทดลองในกรณีที่ผ่านมาผู้ใช้งานไม่สามารถที่จะควบคุมการทำงานของระบบให้เคลื่อนย้ายหรือหยุดวัตถุที่ต้องการได้ ทำให้การควบคุมเป็นไปตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ โดยในระบบจะหยุดวัตถุตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งในการหยุดปัญหาคือตำแหน่งการหยุดจะผิดพลาดไป การควบคุมในระบบเปิดนี้จะแก้ปัญหาการหยุดไม่ตรงตำแหน่งได้ โดยการใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจจับตำแหน่ง ภาพที่ 4.105 ผู้ใช้งานสามารถที่จะโปรแกรมให้สายพานหมุนไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งวัตถุถูกตรวจจับด้วยเซ็นเซอร์ สายพานจะหยุดการทำงาน โดยในโปรแกรมผู้ใช้งานสามารถที่จะโปรแกรมสายพาน 1 เส้น จะใช้คำสั่ง 2 คำสั่งคือคำสั่ง มอเตอร์1 แล้วตามด้วย เซ็นเซอร์ ซึ่งจากโปรแกรมจะกำหนดให้เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ โดยเมื่อตรวจจับได้สายพานจะหยุดเป็นเวลา 3 วินาที หรือ 5 วินาทีขึ้นอยู่กับเซ็นเซอร์คำสั่ง



ภาพที่ 4.105 สายพานลำเลียงควบคุมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ 3 คำสั่ง

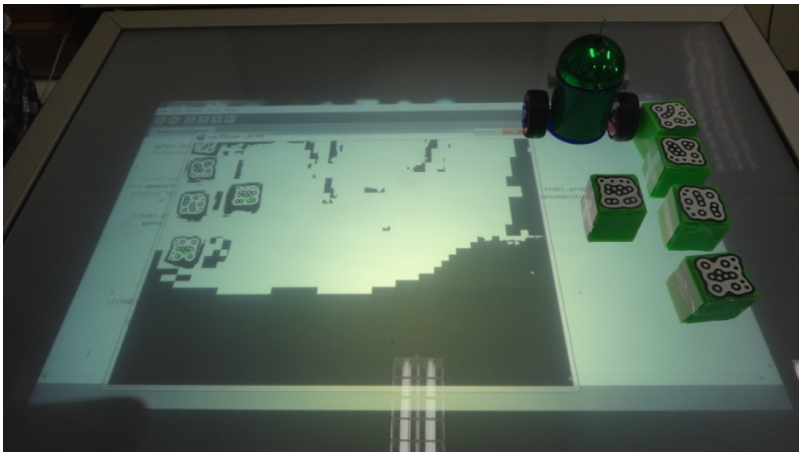
การทดลองพบว่า ผู้ใช้งานมีการสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการที่ทดลองทีสายพานลำเลียงก่อน โดยจะใช้คำสั่งเพียง 2 คำสั่งคือ มอเตอร์ และคำสั่งเซ็นเซอร์ เมื่อผู้ใช้งานเข้าใจระบบการทำงานของสายพานลำเลียงแล้วจะเพิ่มสายพานเข้าไปเรื่อย ๆ ภาพที่ 4.106 พบว่าผู้ใช้งานสามารถที่จะโปรแกรมให้สายพานสามารถทำงานได้ 3 สายพาน



ภาพที่ 4.106 ผู้ใช้งานโปรแกรมด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

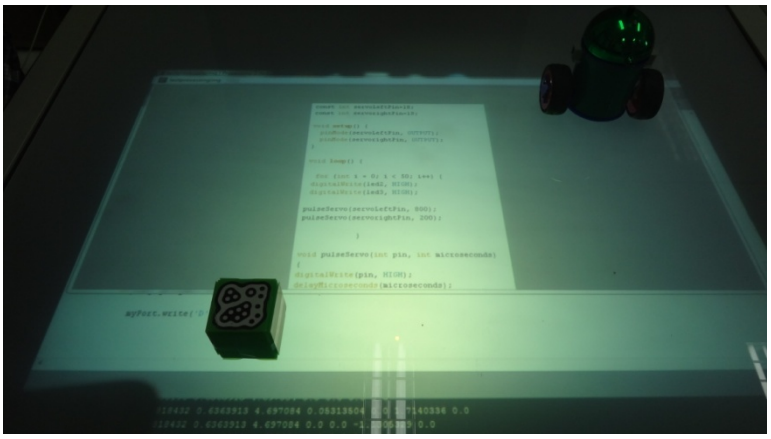
4.4.2 การพัฒนาโปรแกรมแบบพาสซีพในการควบคุมหุ่นยนต์

โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพที่พัฒนาขึ้น มีลักษณะการใช้งานคล้ายกับโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ แต่มีข้อดีเด่นในเรื่องของการใช้งานที่ผู้เริ่มต้นสามารถจัดเรียงคำสั่งและประมวลผลคำสั่งด้วยกล้องเว็บแคม ทำให้ไม่ต้องมีตัวเชื่อมที่จะต้องเชื่อมต่อกันแต่ละโปรแกรมด้วยสายโทรศัพท์เหมือนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ ซึ่งทำให้ง่ายสำหรับผู้ใช้งาน การออกแบบขนาดของโปรแกรมมีขนาด 6 x 6 x 6 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 4.107



ภาพที่ 4.107 แสดงลักษณะการหยิบจับลอจิกบล็อกแบบพาสซีพ

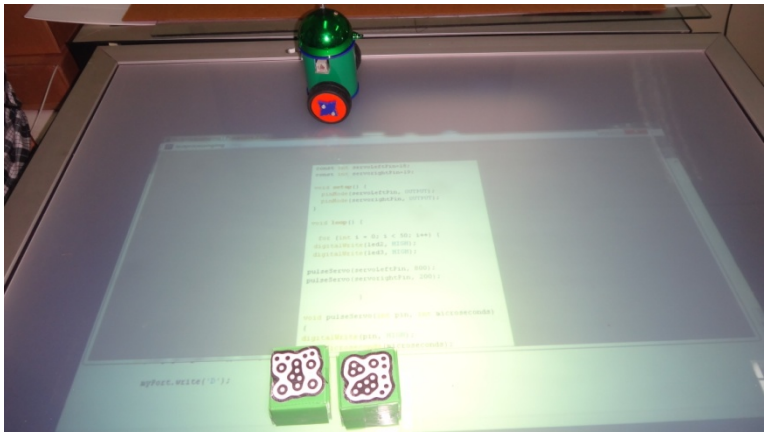
การสร้างความรู้ด้วยตนเองจากโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพ พบว่าผู้ใช้งานสามารถเข้าใจการทำงานจากโปรแกรมที่เขียนขึ้น ซึ่งปกติการใช้งานโปรแกรมนี้จะเป็นเพียงการโปรแกรมจากชุดคำสั่งซึ่งถ้าเป็นโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพจะไม่สามารถทราบได้ได เลยว่าโปรแกรมที่ส่งให้หุ่นยนต์ทำงานด้วยคำสั่งการเดินหน้าจะต้องเขียนอย่างไรด้วยภาษาซี ซึ่งจากโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้จะสามารถเข้าใจและศึกษาด้วยตนเองได้ จากภาพที่ 4.108



ภาพที่ 4.108 แสดงลักษณะการทำงานของโปรแกรมและหุ่นยนต์

การทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งถ้าหากมีการโปรแกรมมากกว่า 1 คำสั่ง จะสามารถใช้คำสั่งงานเป็นลำดับโดยวางเรียงลำดับกันดังภาพที่ 4.109 เป็นการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เดินหน้าและเลี้ยวขวา

ซึ่งเมื่อหุ่นยนต์หุ่นยนต์เดินหน้า โปรแกรมจะแสดงบนจอภาพ และเมื่อหุ่นยนต์เลี้ยวขวา โปรแกรมจะแสดงในลำดับถัดไป



ภาพที่ 4.109 การวางคำสั่งสองคำสั่งเพื่อควบคุมหุ่นยนต์

ผลการวิจัยระยะที่ 3 การทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลการถ่ายทอดเทคโนโลยีโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

ผลการวิจัยระยะที่ 3 การทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลการถ่ายทอดเทคโนโลยีโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ โดยนำเสนอใน 2 ประเด็นคือ

1. การถ่ายทอดการออกแบบและสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้
2. การถ่ายทอดรูปแบบการสร้างความรู้ด้วยตนเอง และการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน

การอบรมให้กับครูและนักศึกษา ระดับอาชีวศึกษาเป็นการนำไปเผยแพร่ให้กับผู้ใช้งานซึ่งไม่มีความรู้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาก่อน ในการเผยแพร่ครั้งนี้จะเผยแพร่ให้กับครูและนักเรียนได้เรียนรู้การสร้างความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับการควบคุมพื้นฐาน ซึ่งการควบคุมพื้นฐานนี้มีความสำคัญกับผู้ที่เรียนทางช่าง เพราะแนวคิดของการควบคุมจะต้องอยู่ใน ผู้ที่เรียนช่างทุกคน ซึ่งเดิมการเรียนรู้ที่ผ่านมา จะเป็นการเรียนรู้โดยการบรรยายและให้นักศึกษา ใช้โปรแกรมโดยเขียนด้วยภาษาซี เป็นโปรแกรมพื้นฐาน เพื่อที่ว่านักศึกษาจะสามารถเรียนรู้และเข้าใจ แนวคิดเกี่ยวกับการโปรแกรม แต่จากการสอบถามผู้สอนพบว่า นักศึกษา

จะไม่เข้าใจการเขียนโปรแกรม ซึ่งการเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับควบคุมหุ่นยนต์ จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นำเสนอ ให้กับครูผู้สอน ในระดับนี้ดังนี้

4.5 การอบรมวิทยาลัยการอาชีพบ้านลาด

การถ่ายทอดที่วิทยาลัยการอาชีพบ้านลาดเป็นการอบรมให้กับนักศึกษาระดับ ปวช. ชั้นปีที่ 1 และปีที่ 2 เมื่อวันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ 2556 ณ วิทยาลัยการอาชีพบ้านลาด ผู้เข้ารับการอบรมแสดงดังภาพที่ 4.110

ภาพที่ 4.110 ผู้เข้ารับการถ่ายทอดความรู้การเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

ในการอบรมจะเป็นการบรรยายและสาธิตการใช้งานให้กับครูและนักศึกษา ให้เข้าใจหลักการพื้นฐานและการใช้งานของโปรแกรม โดยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐานประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1) ชุดคำสั่งซึ่งออกแบบเป็นหุ่นยนต์ขนาดเล็กที่สามารถส่งข้อมูลคำสั่งแบบไร้สายด้วยคลื่นวิทยุไปยังหุ่นยนต์ การอธิบายเบื้องต้นแสดงดังภาพที่ 4.119

ภาพที่ 4.111 อธิบายและสาธิตการใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

เมื่อแนะนำการใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ แล้วจะแบ่งกลุ่มเพื่อให้นักศึกษาสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยให้นักศึกษาสามารถโปรแกรมหุ่นยนต์โดยนั่งล้อมวงดังภาพที่ 4.112 ซึ่งผู้รับการถ่ายทอดสามารถเขียนโปรแกรมนี้ด้วยทีมงานได้ โดยไม่ต้องนั่งฟังการบรรยายและให้ทำตาม ผลการถ่ายทอดพบว่า ครูและนักศึกษาได้เรียนรู้และรับรู้การเขียนโปรแกรมพื้นฐานรูปแบบใหม่ อีกทั้งสามารถเข้าใจการเขียนโปรแกรมระบบควบคุมแบบเปิดและระบบควบคุมแบบปิดได้

ภาพที่ 4.112 นักศึกษาล้อมวงกันเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพบ้านลาดให้ของที่ระลึกและกล่าวขอบคุณที่คณะผู้วิจัยได้มาถ่ายทอดองค์ความรู้ในการเขียนโปรแกรมแบบใหม่ในกับทางวิทยาลัยดังภาพที่ 4.113

ภาพที่ 4.113 วิทยาลัยการอาชีพบ้านลาดแสดงความขอบคุณ

4.6 การอบรมวิทยาลัยการอาชีพเขาย้อย

วิทยาลัยการอาชีพเขาย้อยเป็นอีกวิทยาลัยหนึ่งที่ได้รับการถ่ายทอด โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน เมื่อวันที่ 7-8 มีนาคม 2556 การถ่ายทอดจะจัดอบรมให้กับนักศึกษา ปวช. ชั้นปีที่ 2 สาขาไฟฟ้า และครูผู้สอนในสาขาไฟฟ้า ดังภาพที่ 4.114

ภาพที่ 4.114 ผู้เข้ารับการถ่ายทอดวิทยาลัยการอาชีพบ้านลาด

การถ่ายทอดจะเริ่มต้นด้วยการแนะนำ และสาธิตการทำงานของระบบโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน โดยการนำเสนอวิธีการเรียนรู้สิ่งใหม่ด้วยวิธีการใหม่ ให้กับกลุ่มครูและนักศึกษาวิทยาลัยการอาชีพเขาย้อย แสดงดังภาพที่ 4.115

ภาพที่ 4.115 การอธิบายและการสาธิตการใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

การดำเนินการอบรมจะให้ครูผู้เข้าอบรมได้เรียนรู้ร่วมกันไปพร้อมกับนักศึกษา ดังภาพที่ 4.116 ครูและนักศึกษาเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งสามารถทำให้เกิดบรรยากาศของการเรียนรู้ที่สนุกสนาน ทั้งครูและนักศึกษา

ภาพที่ 4.116 ครูและนักศึกษาเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน

จากการทดลองพบว่า นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน ทำงานเป็นทีมได้ ซึ่งการโปรแกรมหุ่นยนต์ในลักษณะนี้จะทำให้นักศึกษาเข้าใจระบบการทำงานโประบบแบบเปิด ระบบแบบปิด อีกทั้งการเขียนโปรแกรมเป็นแบบลำดับ แสดงดังภาพที่ 4.117

ภาพที่ 4.117 การทำงานเป็นทีมสำหรับการเขียนโปรแกรมรูปแบบใหม่

4.7 การจัดนิทรรศการ

การจัดนิทรรศการราชภัฏวิชาการสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่นเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 ณ อาคารเอนกประสงค์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เป็นการแสดงให้ผู้ที่สนใจเข้าชมการโปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้โดยปราศจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการเขียนโปรแกรม ในงานนี้มีผู้เข้าชมจำนวนมาก โดยเฉพาะนักเรียนในระดับประถมศึกษา ภาพที่ 4.118 เป็นการสาธิตการโปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ เมื่อสาธิตเสร็จแล้วผู้วิจัยได้ทดสอบให้เด็กได้ลองโปรแกรมดู พบว่า ในเบื้องต้นเด็กสามารถโปรแกรมหุ่นยนต์ให้เดินหน้าถอยหลังได้ ซึ่งถ้าเป็นโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์อื่น ๆ จะต้องมีการสอนค่อนข้างจะเข้าใจยาก ซึ่งจากการทดลองเด็กระดับนี้จะไม่ค่อยสนใจการโปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการโปรแกรม

ภาพที่ 4.118 การสาธิตและการอธิบายการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

นอกจากนักเรียนแล้ว ครูที่นำนักเรียนเข้าชมการจัดนิทรรศการได้ให้ความสนใจ โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับควบคุมหุ่นยนต์ จากภาพที่ 4.119 เป็นการสอบถามพูดคุย ครูได้ให้ความคิดเห็นว่า การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ที่มีการใช้งานในปัจจุบัน เช่น โปรแกรม Logo เป็นโปรแกรมที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการโปรแกรม ซึ่งจะมีปัญหาในการใช้เมาส์และคีย์บอร์ดกับเด็ก ซึ่งเด็กในวัยนี้ยังไม่สามารถที่จะใช้คีย์บอร์ดในการพิมพ์คำสั่ง

ภาพที่ 4.119 ครูที่นำนักเรียนเข้าชมนิทรรศการให้ความสนใจการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

ในการจัดนิทรรศการผู้บริหารระดับสูงได้ให้ความสนใจเข้าร่วมการสาธิตการใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในการควบคุมหุ่นยนต์ ภาพที่ 4.120 ผู้บริการระดับสูงได้ให้ความสนใจซักถามและชมการสาธิตการเขียนโปรแกรมรูปแบบใหม่การโปรแกรมหุ่นยนต์โดยปราศจากคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 4.120 ผู้บริหารระดับสูงมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีให้การเยี่ยมชม

ในงานมีผู้เข้าชมงานได้ให้ความสนใจ สอบถาม ชมการสาธิต และทดลองโปรแกรมด้วยตนเอง ซึ่งจากการได้มีโอกาสโปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยตนเองกับผู้ที่ไม่มีความรู้ในการเขียนโปรแกรม พบว่า ทุกคนอธิบายว่า ไม่นึกว่าการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์จะทำได้ง่ายขนาดนี้ ซึ่งหลายคนเข้าใจว่าการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ จะเป็นงานเฉพาะหรือผู้มีความรู้ในการเขียนโปรแกรมระดับสูงเท่านั้น แต่จริง ๆ แล้วการเขียนโปรแกรมเป็นเรื่องง่ายมาก

ภาพที่ 4.121 ผู้เข้าชมงานนิทรรศการได้เข้าทดลองใช้งานด้วยตนเอง

4.8 การแข่งขันหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

การแข่งขันหุ่นยนต์เป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่ถ่ายทอดให้กับผู้ที่เข้ารับการแข่งขัน เป็นการแข่งขันหุ่นยนต์ที่ปราศจากการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการควบคุมหุ่นยนต์ ในการแข่งขันเมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 ที่ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เป็นการจัดแข่งขันหุ่นยนต์ที่มีการเขียนโปรแกรมโดยปราศจากการเขียนโปรแกรมด้วยคอมพิวเตอร์แห่งแรกของประเทศไทย ภาพที่ 4.122 แสดงผู้เข้าชมการแข่งขัน

ภาพที่ 4.122 ผู้เข้าชมการแข่งขันหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

การแข่งขันหุ่นยนต์ จะประกอบด้วย การแข่งขันหุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวางและหุ่นยนต์วิ่งเขาวงกต ภาพที่ 4.123 เป็นการแข่งขันหุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวาง

ภาพที่ 4.123 ผู้เข้าแข่งขันกำลังแข่งขันหุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวาง

ในการแข่งขันผู้วิจับพบว่า ผู้เข้าร่วมการแข่งขันสามารถที่จะโปรแกรมหุ่นยนต์ โดยการใช้โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ ในการควบคุมหุ่นยนต์ได้ ผู้เข้าแข่งขันใช้เวลาในการเรียนรู้การโปรแกรมด้วยระยะเวลาสั้น จากภาพที่ 4.124 ผู้เข้าร่วมการแข่งขันกำลังเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์

ภาพที่ 4.124 ผู้เข้าร่วมการแข่งขันกำลังเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์

การแข่งขันทั้ง 2 รายการ คือ การแข่งขันหุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวาง และการแข่งขันหุ่นยนต์วิ่งเขาวงกต มีผู้ได้รับรางวัลชนะเลิศและรองชนะเลศดังภาพที่ 4.125

ภาพที่ 4.125 ผู้ได้รับรางวัล

ผลการถ่ายทอดในการแข่งขันหุ่นยนต์ด้วยการเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ เป็นการเขียนโปรแกรมที่ง่ายสำหรับผู้ที่เข้าแข่งขัน โดยผู้เข้าแข่งขันไม่จำเป็นที่จะต้องมีความรู้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์มาก่อน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้มักพัฒนาโดยชาติตะวันตก เช่น LEGO/Logo, Topobo, Tern เป็นต้น การพัฒนาสิ่งเหล่านี้ จะใช้ในการเรียนการสอนซึ่งแตกต่างและตรงข้ามในการเรียนรู้ด้วยวิธีการถ่ายทอดความรู้ ซึ่งเป็นวิธีการดั้งเดิม วิธีนี้เป็นเครื่องมือช่วยในการสร้างความรู้ที่ตรงข้ามกับเครื่องมือที่ใช้ในการถ่ายทอดความรู้ เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้วยการสร้างความรู้ด้วยตนเอง จากปัญหาที่พบสำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมในระบบควบคุมพื้นฐาน ซึ่งเด็กหรือผู้ใช้งานไม่สามารถที่จะเขียนโปรแกรมด้วย PLC หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในระบบควบคุมพื้นฐานได้ งานวิจัยนี้จึงเสนอเครื่องมือที่ช่วยในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบควบคุมสองรูปแบบคือ ระบบการควบคุมแบบเปิด และระบบการควบคุมแบบปิด ซึ่งที่ผ่านมามีความพยายามที่จะสร้างเครื่องมือในการศึกษาและทำความเข้าใจเรื่องนี้ เช่น สมการอนุพันธ์ LEGO /Logo ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่มีความยุ่งยากสำหรับเด็กและผู้เริ่มต้นที่จะใช้งาน งานวิจัยนี้ได้เสนอ โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน เป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้ผู้ที่ต้องการเรียนรู้ ในระดับเบื้องต้น เด็กในระดับอนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา และอาชีวศึกษา ได้เรียนรู้และฝึกฝนทักษะ การสร้างความรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้ร่วมกัน เน้นการเรียนรู้รูปแบบใหม่ที่เป็นกระบวนการธรรมชาติ ผู้เรียนสามารถสร้างกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง สร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน ผู้ใช้งาน สร้างความรู้ด้วยตนเอง มีวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างความรู้ ในบทนี้จะนำเสนอผลสรุปและการอภิปรายในประเด็นที่เป็นการเชื่อมโยงให้เห็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือ แนวทางการใช้งาน องค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นจากการวิจัย อันจะเป็นแนวทางในการพัฒนาสร้างเครื่องมือในการสร้างความรู้ในวิธีอื่นๆ สุดท้ายจะเสนอแนะเกี่ยวกับข้อเสนอแนะทั่วไปและข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลสรุปของการวิจัย เป็น 3 ระยะ คือ 1) การวิจัยระยะที่ 1 ผลการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและแบบพาสซีพ 2) การสร้างความรู้ด้วยตนเอง และการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน 3) การถ่ายทอดเทคโนโลยีโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

5.1.1 ผลการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพและแบบพาสซีพ

ผลการสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพสำหรับควบคุมหุ่นยนต์ ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐานได้ทำการออกแบบเป็น 4 ส่วนคือ 1) การรับสัญญาณอินพุตด้วย LDR 2) การรับส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ 2.4 กิกะเฮิร์ต 3) การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ 4) การติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน RS232 ส่วนการออกแบบชุดคำสั่งสามารถออกแบบคำสั่งได้ทั้งหมด 9 คำสั่งคือ คำสั่งเดินหน้า คำสั่งถอยหลัง คำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา คำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา คำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา คำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา คำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร คำสั่งระยะทาง 40 เซนติเมตร และคำสั่งเซ็นเซอร์ การออกแบบหุ่นยนต์ จะออกแบบให้มีลักษณะคล้ายกันแต่มีขนาดใหญ่กว่า ด้านหน้าของหุ่นยนต์จะมีเซ็นเซอร์สามตัว สำหรับตรวจจับสิ่งกีดขวาง

ผลการสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพสำหรับการควบคุมงานอุตสาหกรรมผสมสารเคมี ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรมเคมี ได้ทำการออกแบบเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของชุดคำสั่ง และส่วนของชุดควบคุมระบบการออกแบบถังผสมสารเคมีได้ออกแบบเป็นถังบรรจุสารเคมี 3 ถัง และถังผสม 1 ถัง การควบคุมปั๊มน้ำจะใช้รีเลย์จากบอร์ดควบคุมในการควบคุมการสูบน้ำเข้าถังผสม สำหรับการเริ่มต้นการทำงานของระบบจะใช้รีโหมดควบคุมการทำงาน

ผลการสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบแอคตีพสำหรับสำหรับการควบคุมงานอุตสาหกรรมสานพานลำเลียง ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบสานพานจะออกแบบโดยใช้วัสดุที่มีราคาถูกในท้องตลาดและออกแบบให้มีชุดเซ็นเซอร์ในการตรวจจับวัตถุ การโปรแกรมจะโปรแกรม

ด้วยชุดคำสั่งที่เป็นชุดควบคุมสายพานแบบระบบเปิด ได้แก่ คำสั่งมอเตอร์ 1-มอเตอร์ 4 และคำสั่งเวลา 3 และ 5 วินาที ส่วนคำสั่งที่เป็นระบบปิดจะมีคำสั่งมอเตอร์ 1-มอเตอร์ 4 และคำสั่งเซ็นเซอร์สายพานจะมีขนาด 40 เซนติเมตร

ผลการสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบพาสซีพ ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบจะออกแบบให้มีลักษณะเหมือนโต๊ะ โดยด้านบนจะมีกระจกสำหรับรับภาพ โดยมีส่วนประกอบ 5 ส่วน คือ 1) คอมพิวเตอร์โน้ตบุค 2) โปรเจคเตอร์ 3) กล้องเว็บแคม 4) กระจกสะท้อน 5) ชุดส่งข้อมูลไปยังหุ่นยนต์ผ่านระบบไร้สาย สำหรับโปรแกรมควบคุมและแสดงผลประกอบด้วย โปรแกรมที่แสดงเป็นภาษาซี และส่วนที่เป็นภาพหุ่นยนต์เสมือน คำสั่งที่ออกแบบจะประกอบด้วย 9 ชุดคำสั่งได้แก่ คำสั่งเดินหน้า คำสั่งถอยหลัง คำสั่งเลี้ยวซ้าย 90 องศา คำสั่งเลี้ยวซ้าย 45 องศา คำสั่งเลี้ยวขวา 90 องศา คำสั่งเลี้ยวขวา 45 องศา คำสั่งระยะทาง 20 เซนติเมตร คำสั่งระยะทาง 40 เซนติเมตร

5.1.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันระหว่างคำสั่งและหุ่นยนต์ ผลการวิจัยพบว่า การรับส่งข้อมูลระหว่างชุดคำสั่งและหุ่นยนต์มีการทดสอบจำนวน 10 ครั้งพบว่า มีการหน่วงเวลาอยู่ในช่วง 200-300 วินาที ส่วนระยะการรับส่งข้อมูลสามารถส่งข้อมูลได้ 100 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบความสิ้นเปลืองพลังงานของหุ่นยนต์พบว่า หุ่นยนต์สามารถใช้งานได้นานถึง 2 ชั่วโมง และการทดสอบกับผู้ใช้งานพบว่า ผู้ใช้งานมีความพอใจกับขนาดสำหรับการจับ และถือ นอกจากนั้นผู้ใช้งานยังมีมุมมองต่อโปรแกรมและหุ่นยนต์ที่แตกต่างกัน บางคนบอกว่าเหมือนไก่ บางคนบอกว่าเหมือนนกเพนกวิน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันระหว่างคำสั่งและชุดผสมสารเคมี ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบการรับแสงของ LDR เป็นการทดสอบการบังแสงที่ตัวหุ่นยนต์ขนาดเล็ก ซึ่งปกติแล้วในห้องที่ทำการทดลองความเข้าแสงจะอยู่ที่ 450 ลักซ์ (lux) ซึ่งจะสามารถทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้มือกดเพื่อบังแสง การใช้งาน LDR ความต้านทานจะอยู่ในย่าน 1 กิโลโอห์ม ถึง 500 โอห์ม และค่า LDR+R อยู่ในย่าน 11 กิโลโอห์ม ถึง 10 กิโลโอห์ม ซึ่งจะทำให้แรงดันอยู่ระหว่าง 4-5 โวลต์ และค่าที่ส่งไปยัง Arduino จะมีค่าอยู่ในย่าน 600-1024 การรับส่งข้อมูลสามารถส่งได้ไกล 10 เมตร แต่การทดลองจะมีการรับส่งเพียง 40-45 เซนติเมตรจึงทำให้ไม่มีปัญหาในการรับส่ง ส่วนการทดสอบการสูบน้ำจากถังสารเคมีไปยังถังผสม พบว่า อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่ถังผสมอยู่ที่ 20 ซี

ซี ต่อวินาที การทดสอบการสูบน้ำเข้าถังเป็นลำดับพบว่า การทดลองการทำงานอย่างต่อเนื่องทั้ง 3 ถัง โดยให้มีการสูบน้ำเป็นเวลา 15 วินาทีแต่ละถังจนครบ 3 ถังเป็นจำนวน 5 รอบ พบว่าสามารถทำงานอย่างต่อเนื่องได้ทั้ง 5 ไม่มีผิดพลาด

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมในงานอุตสาหกรรมสายพานลำเลียง ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบระบบควบคุมสายพานลำเลียงแบบระบบควบคุมแบบปิด โดยการทดลองให้สายพานเคลื่อนย้ายวัตถุในการทดลองใช้ฝาขวดจำนวน 5 ฝาให้ไหลอย่างต่อเนื่องจนหมด 10 ครั้ง พบว่า ระบบสายพานสามารถทำได้ ทั้ง 10 ครั้ง การทดลองสายพานลำเรียงระบบปิด ใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจจับจำนวน 1 ตัวและใช้วัตถุจำนวน 6 ชิ้นโดยให้สายพานเคลื่อนย้ายวัตถุไปตามสายพานเรื่อยๆ จนกระทั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุได้ การทดลองจะทำการทดลองจำนวน 10 รอบพบว่าสามารถทำงานได้ทั้ง 10 รอบ การทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งานพบว่า ผู้ใช้งานสามารถโปรแกรมการทำงานในระบบแบบปิดกับในระบบแบบปิดของการทดลองสายพานลำเลียง ผู้ใช้งานสามารถโปรแกรมได้ด้วยตนเอง

5.1.3 ผลการศึกษาการใช้งานลอจิกบล็อกแบบพาสซีพและแอคตีพ

การใช้งานจริงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในระบบควบคุมพื้นฐาน กรณีศึกษา การควบคุมหุ่นยนต์ ผลการวิจัยพบว่า การสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ทำการทดลอง การควบคุมหุ่นยนต์ 10 กรณีศึกษา มีผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) กรณีศึกษา การควบคุมให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้าแล้วหยุด พบว่า การสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้ใช้งานในการโปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ 2 วิธี คือ 1. การโปรแกรมโดยนำหุ่นยนต์มาเรียงลำดับกันแล้วโปรแกรมซึ่งแนวคิดนี้คือ การโปรแกรมแบบลำดับ วิธีที่ 2. การโปรแกรมโดยโปรแกรมให้หุ่นยนต์มีอิสระในการโปรแกรมคือไม่จำเป็นต้องนำมาเรียงต่อกัน ซึ่งแนวคิดคล้ายโปรแกรมเชิงวัตถุ

2) กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้า 2 ครั้ง ในกรณีนี้การสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้ใช้งานใช้วิธีการลองผิดลองถูก และความช่วยเหลือจาก ผู้วิจัย การโปรแกรมในกรณีนี้ผู้ใช้งานจะมีความเข้าใจระบบการโปรแกรมแบบวนซ้ำ

3) กรณีศึกษา หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้าแล้วกลับที่เดิม พบว่า การสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้ใช้งานยังคงติดรูปแบบเดิมคือการจัดเรียงคำสั่งเป็นลำดับ แต่จากกรณีนี้ผู้วิจัยต้องการให้สามารถใช้แนวคิดของการโปรแกรมแบบนามธรรมซึ่งเป็นการฝึกการโปรแกรมแบบนามธรรม ซึ่งการที่จะทำให้ผู้ใช้งานทำได้จะต้องให้ความช่วยเหลือ ถึงจะสร้างความรู้ด้วยตนเองได้

4) กรณีศึกษา การสั่งงานให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัว แอล การทดลองนี้พบว่า ผู้ใช้งานสับสนการโปรแกรมคำสั่งเดินหน้าถอยหลังซึ่งปกติแล้ว คำสั่งเดินหน้าถอยหลังจะตามด้วยคำสั่งระยะทาง แต่คำสั่งการเลี้ยวจะสามารถเลี้ยวเป็นมุมกี่องศาได้จากการทดสอบพบว่า ผู้ใช้งานสับสนในช่วงแรกแต่สามารถเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว

5) กรณีศึกษา การส่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัว ที การทดลองนี้ต้องการให้ผู้ใช้งานเข้าใจคำสั่งการเดินหน้าถอยหลังและการเลี้ยว ซึ่งหลัก ๆ จะมีอยู่ 3 คำสั่ง การทดลองพบว่า ผู้ใช้งานสามารถโปรแกรมให้หุ่นยนต์สามารถเดินหน้าถอยหลังเลี้ยว ได้แต่เมื่อสอบถามถึงระบบการควบคุมแบบเปิดพบว่าไม่สามารถเข้าใจได้ จะต้องได้รับความช่วยเหลือจากผู้วิจัย

6) กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัวยู พบว่าหลังจากที่ได้ทดลองการทำงานนี้แล้วจะทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจคำสั่งเดินหน้า ถอยหลัง และเลี้ยวได้ดีขึ้น

7) กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปตัววี การทดลองพบว่า กรณีนี้เป็นการให้เข้าใจคำสั่งการเลี้ยว 45 องศา พบว่า ผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจเรื่องนี้ได้ไม่ยากนัก

8) กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินซิกแซก พบว่าผู้ใช้งานสามารถทำได้

9) กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสี่เหลี่ยม การทดลองพบว่า ผู้ใช้งานซึ่งเป็นเด็กได้เรียนรู้เกี่ยวกับ 1. ความรู้เกี่ยวกับมุมที่เป็นองศาภายในสี่เหลี่ยม 2. การทำซ้ำของการโปรแกรม 3. การเปลี่ยนสภาวะของการทำงานของหุ่นยนต์ เมื่อหุ่นยนต์เดินหน้า จะเปลี่ยนสภาวะจากการหยุดกลายเป็นการเคลื่อนที่ 4. เข้าใจระบบควบคุมแบบเปิด

10) กรณีศึกษา การสั่งให้หุ่นยนต์เดินเป็นรูปสามเหลี่ยม พบว่า ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นสามเหลี่ยมมุฉากได้ สำหรับการสร้างความรู้ด้วยตนเองในระบบ

ปิด พบว่า เด็กจะสับสนในช่วงแรกของการโปรแกรมเพราะคุ้นชินกับการโปรแกรมแบบระบบปิดอยู่ แต่เมื่อผู้ใช้งานได้ลองผิดลองถูกเล่นกับเซ็นเซอร์ ผู้ใช้งานสามารถโปรแกรมหุ่นยนต์ได้

นอกจากการสร้างความรู้ด้วยตนเองแล้ว พบว่า ในการใช้งานมีการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ผู้ใช้งานมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น กัน ในขณะก่อนการโปรแกรม ขณะโปรแกรมและหลังการโปรแกรม ซึ่งสภาพนี้จะเกิดไม่ได้ถ้าเป็นการเขียนโปรแกรมในรูปแบบเดิม การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกันทำให้เกิด มุมมองที่แตกต่างกัน สามารถทดลองและถกเถียงกันได้ เมื่อผู้เริ่มต้นได้เรียนรู้การเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้เสร็จแล้ว เมื่อกลับมาเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ พบว่าผู้ใช้งานสามารถที่จะเขียนโปรแกรมง่ายขึ้นเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษาซีที่คอมพิวเตอร์ได้ การเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ ในการควบคุมหุ่นยนต์เดินเป็นรูปสามเหลี่ยมพบว่า การเขียนโปรแกรมของแต่ละกลุ่มของผู้ที่เข้ารับการทดลอง มีการเขียนโปรแกรมที่แตกต่างกันแต่โปรแกรมสามารถที่จะทำงานได้เหมือนกัน ในการเรียนรู้ร่วมกันของการแข่งขันเป็นอีกประเด็นหนึ่งซึ่งพบว่า การแข่งขันทำให้แต่ละทีมสามารถเรียนรู้เทคนิควิธีการของแต่ละกลุ่มได้ เช่น การเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้แบบการเขียนโปรแกรมแบบฟังก์ชัน และในการจัดนิทรรศการพบว่า เป็นการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี

การใช้งานจริงโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในระบบควบคุมพื้นฐานกรณีศึกษาการควบคุมในงานอุตสาหกรรม ผลการวิจัยพบว่า การสร้างความรู้ด้วยตนเอง กรณีศึกษา การควบคุมระบบผสมสารเคมี ผู้ใช้งานมีวิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเองคือ การลองผิดลองถูกโดยการปั๊มสารเคมีเข้าสู่ถังทีละถัง โดยในครั้งแรกจะทดลองถังเดียว แต่ต่อไปก็ได้นำถังที่เหลืออีก 2 ถังมาต่อเพิ่มเติม ซึ่งสามารถควบคุมการปั๊มน้ำเข้าสู่ถังได้ ทั้งหมด ส่วนกรณี ระบบสายพานอัตโนมัติ ได้ทดลอง 2 รูปแบบของการควบคุมระบบคือ ระบบควบคุมแบบเปิด พบว่า ผู้ใช้งานสามรถเข้าใจการโปรแกรมสายพานลำเลียงได้ ไม่ยาก แต่จะมีปัญหาในกรณีการโปรแกรมสายพานลำเรียงแบบปิด ในกรณีที่ ผู้ใช้งานเคยชินกับการทดลองแบบระบบแบบเปิด

5.1.4 ผลการถ่ายทอดโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

การถ่ายทอดโปรแกรมที่สัมผัสแลรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐานได้ดำเนินการถ่ายทอดให้กับกลุ่มที่สนใจ 4 กลุ่มคือ 1) กลุ่มวิทยาลัยการอาชีพบ้านลาด พบว่า ผู้บริหาร ครู

นักศึกษาให้ความสนใจ และได้ดำเนินการร่วมมือกันในการพัฒนาวิธีการสอนการใช้โปรแกรมนี้ให้กับนักศึกษา 2) กลุ่มวิทยาลัยการอาชีพเขาย้อย พบว่า ครูให้ความสนใจและเรียนรู้ร่วมกันกับนักศึกษา โดยได้ให้ทางทีมวิจัยได้ ถ่ายทอดให้กับนักศึกษาสาขาไฟฟ้าเฉพาะ เพราะทางวิทยาลัยต้องการการเรียนรู้พื้นฐานในการเขียนโปรแกรมเพื่อจะสร้างทีมหุ่นยนต์ในการแข่งขันระดับอาชีวศึกษา 3) การแข่งขันหุ่นยนต์ ถือเป็นครั้งแรกของประเทศไทยที่มีการโปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ การแข่งขันจะรับสมัครเฉพาะ ผู้ที่ไม่เคยเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาก่อน พบว่า ผู้ที่ไม่เคยมีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมสามารถใช้เวลาเพียง 5 นาทีก็สามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้แล้ว

5.2 ข้อวิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอการเรียนรู้สิ่งใหม่ด้วยวิธีการใหม่ ซึ่งสิ่งใหม่ คือ การเขียนโปรแกรมที่สามารถจับต้องได้ ในการควบคุมระบบควบคุมพื้นฐาน โดยมีประเด็นที่เป็นข้อสังเกตควรแก่การอภิปรายดังนี้

5.2.1 การพัฒนาและสร้างลอจิกบล็อก

การสร้างโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน เป้าหมายเบื้องต้นของผู้วิจัย คือ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าใจระบบควบคุมพื้นฐานซึ่งเดิมองค์ความรู้เหล่านี้ จะมีการสอนในระดับวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยเท่านั้น ศาสตร์ความรู้นี้จึงเป็นศาสตร์ความรู้เฉพาะด้าน แทนที่ความรู้เหล่านี้จะสามารถที่จะเรียนรู้และเข้าถึงได้สำหรับทุกๆคน ซึ่งจากผลงานวิจัยของ Resnick (1992); Martin (1994); และแนวคิดของ Papert (1993) พบว่า ความพยายามที่จะสอนวิธีการเรียนรู้และความคิดที่มีพลังให้กับเด็ก ๆ โดยตรงไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นกลยุทธ์ที่ใช้ คือ การเตรียมโอกาสให้กับเด็ก ๆ ในการเผชิญและใช้ความคิดที่มีพลังให้เป็นกระบวนการธรรมชาติ ในประสบการณ์การเรียนรู้ การออกแบบและสร้างสิ่งต่าง ๆ โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ออกแบบเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนไปใช้กับ การควบคุมหลายรูปแบบ เช่น การควบคุมหุ่นยนต์ การควบคุมการผสมสารเคมี และระบบสายพาน ซึ่งไม่เพียงแต่ให้ผู้ใช้ เรียนรู้ระบบควบคุมพื้นฐานเท่านั้น ยังสามารถทำให้ผู้ใช้งานรู้จักแนวคิดในการประยุกต์และการใช้งาน โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับสร้างสิ่งต่างๆและให้ ผู้ใช้ได้สำรวจแนวคิดภายใต้การสร้างของสิ่งเหล่านั้นเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ในการใช้งานจริง เช่น การควบคุมหุ่นยนต์จะต้องมีแนวคิดในการที่จะให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้อย่างไรตามที่วางแผนไว้

การจะปั้มน้ำเข้าไปในถังผสมสารเคมีในอัตราและปริมาณที่กำหนดไว้ จะมีวิธีในการออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างไร การควบคุมระบบสายพาน ซึ่งถือว่าเป็นระบบที่ถูกใช้งานมากในระบบการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบต่างๆ มีการทำงานอย่างไร (Resnick, 2006) โดยเฉพาะแนวคิดระบบควบคุมพื้นฐาน และการเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในการควบคุมระบบ โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้จึงเป็นทางเลือกใหม่หรือวิธีการใหม่ที่จะทำให้ผู้ใช้งาน โดยเฉพาะผู้ใช้งานระดับอนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา และอาชีวศึกษา ได้เข้าใจแนวคิดระบบควบคุมพื้นฐาน ซึ่งได้แก่ การควบคุมแบบเปิดและการควบคุมแบบปิด การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบในอุตสาหกรรม เดิมและเป็นที่นิยมคือ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ซึ่งใช้โปรแกรมภาษาแลดเดอร์ในการเขียนโปรแกรมควบคุม แต่สำหรับกลุ่มผู้ใช้งานที่เป็นเด็กหรือผู้เริ่มต้น ยังไม่มีเครื่องมือใดในการให้คนกลุ่มเหล่านี้ได้เรียนรู้มากนัก โดยเฉพาะระบบการศึกษาไทยการเรียนรู้สิ่งเหล่านี้ยังอยู่ในระดับวิทยาลัยและมหาวิทยาลัย โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐานได้สร้างโอกาสในการเรียนรู้และเข้าถึงตามแนวคิดดังกล่าวข้างต้น โดยเฉพาะระดับอนุบาลและประถมศึกษา

5.2.2 หลักการเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน

หลักการ TUI ตามแนวคิดของ Hiroshi and Ullmer (1997) ในการสร้างและออกแบบ 2 รูปแบบ ได้แก่ ชุดเซตของการสร้าง คือ ลอจิกบล็อกแบบแอคตีพและการปฏิสัมพันธ์พื้นผิวสัมผัส คือ ลอจิกบล็อกแบบพาสซีพ เป็นชุดคิทสำหรับการสร้างและสนับสนุนความเข้าใจโครงสร้างและพฤติกรรม ในงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่า หลักการนี้ได้นำมาใช้ในการออกแบบโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ ซึ่งผู้ใช้งาน สามารถสร้างรูปแบบของการเข้าถึงการเขียนโปรแกรมในการควบคุมระบบพื้นฐาน และเข้าใจหลักการเขียนโปรแกรม นอกจากนั้นยังสามารถเข้าใจกิจกรรมของโปรแกรมจากการกระทำของหุ่นยนต์ การปั้มน้ำเข้าสู่ถังผสมสารเคมี การควบคุมระบบสายพานลำเลียง เป็นการกระตุ้นผู้ใช้งานด้วยการ การจัดกระทำ (manipulation) ตามแนวคิดของ Froebel (1837), Montessori (1912), Piaget (1972) และ Turkle and Papert (1990) ซึ่งหลักการนี้ โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน แสดงให้เห็นว่า การจัดกระทำกับโปรแกรมไม่ว่าจะเป็นโปรแกรมแบบแบบแอคตีพ หรือโปรแกรมแบบพาสซีพ ผู้ใช้งานสามารถจัดกระทำและเรียนรู้เข้าถึงได้ด้วยตนเอง ตื่นเต้นและสนุกสนาน ซึ่งเดิมการเข้าถึงและเรียนรู้การควบคุมระบบควบคุม จะศึกษาเฉพาะกลุ่มผู้เชี่ยวชาญหรือช่างเทคนิค หรือมีการเรียนการสอนในระดับวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยเท่านั้น โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน พิสูจน์ให้เห็นว่า การเรียนรู้และเข้าใจระบบควบคุม และการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบจะไม่เป็นศาสตร์เฉพาะสาขาอีกต่อไปแต่จะ

เป็นศาสตร์ที่ทุก ๆ คนเข้าถึงได้ตามแนวคิดของ Resnick (1996) และเป็นการพิสูจน์ให้เห็นว่า การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบหุ่นยนต์ หรือแม้แต่ในระบบอุตสาหกรรม ไม่จำเป็นจะต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ที่มี จอภาพ คีย์บอร์ด เมาส์ แต่สามารถที่จะโปรแกรมหุ่นยนต์ หรือสร้างโครงงานที่ควบคุมระบบอัตโนมัติต่างๆได้โดยไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมอีกต่อไป อีกทั้งวิธีการนี้เป็นวิธีการการเรียนรู้ร่วมกัน (collaboration)ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบควบคุมพื้นฐาน โดยที่ทุกคนนั่งหรือยืนรอบวงกันที่โต๊ะในการเขียนโปรแกรมได้ ซึ่งแตกต่างจากการเขียนโปรแกรมโดยใช้ โปรแกรมภาษาแลดเดอร์ หรือโปรแกรมภาษาซีในระบบควบคุม ปกติที่นักเขียนโปรแกรมนั่งหน้าจอคอมพิวเตอร์แล้วเขียนโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐานได้พิสูจน์ให้เห็นว่าการเรียนรู้ระบบควบคุมไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะการใช้คอมพิวเตอร์ในการเขียนโปรแกรม แต่มีวิถีทางอื่น ๆ อีกในงานวิจัยนี้ คือ โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ใน การเขียนโปรแกรมระบบควบคุมต่างๆซึ่งปราศจากคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน ถือว่าเป็นวัตถุช่วยคิด (object-to-think-with) อีกรูปแบบหนึ่ง (Papert, 1980) ที่ทำให้ผู้เริ่มต้นสามารถที่จะเรียนรู้ร่วมกันและเกิดความคิดสร้างสรรค์ เป็นการขยายขอบเขตและจินตนาการของผู้ใช้งาน ก่อนที่จะศึกษาในระดับสูงต่อไป

5.2.3 การเรียนรู้โดยการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

การเรียนรู้โดยการสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้จักกับวิธีการเรียนรู้สิ่งใหม่ด้วยวิธีการใหม่ (Shaw, 1995) เกิดความลึกซึ้งต่อองค์ความรู้ระบบควบคุมพื้นฐาน การเขียนโปรแกรม การคิดและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบด้วยตนเอง การเข้าถึงและการเรียนรู้รูปแบบเดิมโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์และการโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม PLC หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะจำเพาะในกลุ่มของผู้เชี่ยวชาญและยากที่จะเข้าใจสำหรับผู้เริ่มต้นโดยเฉพาะเด็ก ๆ ที่การเรียนรู้ในรูปแบบนี้เป็นสิ่งที่เป็นนามธรรม การเรียนรู้ด้วยการสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐานเป็นหลักและการเรียนรู้ที่เกิดจากการได้ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งบนความเชื่อที่ว่า ความรู้ไม่จำเป็นต้องถ่ายทอดจากครูไปยังผู้เรียน (Piaget, 1972, Papert, 1980) แต่ผู้เรียนสามารถสร้างด้วยตนเองได้ถ้ามีวัสดุหรืออุปกรณ์ให้เขาเหล่านั้นสร้าง ซึ่งผู้เริ่มต้นในการใช้งานสามารถเข้าใจระบบควบคุมพื้นฐานและการเขียนโปรแกรมในการควบคุมในระดับที่ซับซ้อนและสูงขึ้นได้ด้วยตนเอง เป็นการยืนยันแนวคิดที่ว่า ผู้ใช้งานสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยปราศจากการสอนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม (Papert, 1990, Papert, 1993) การออกแบบและใช้โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้

สำหรับระบบควบคุมพื้นฐานจะเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาและขยายแนวคิดของการเรียนรู้ระบบควบคุมและการออกแบบระบบควบคุมซึ่งจำกัดอยู่เฉพาะในสาขาทางด้านเทคนิค การเขียนโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้นี้จะเป็น การเข้าถึงคอมพิวเตอร์ที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้นและไม่ติดยึดกับความคิดรูปแบบเดิมที่จะต้องใช้คอมพิวเตอร์โดยการเข้าถึงและเรียนรู้เพียงคีย์บอร์ด เมาส์และจอภาพเท่านั้น ซึ่ง Hiroshi and Ullmer (1997), Hiroshi (2008) พบว่าเป็นสิ่งที่โหดร้ายสำหรับมนุษย์มากที่จำกัดการเข้าถึงโลกดิจิตอลเพียงคีย์บอร์ด เมาส์และจอภาพ ซึ่งเป็นรูปแบบเสมือนจริง (visual) เท่านั้น ยังมีวิธีการอื่นๆ และแนวทางอื่น ๆ อีกมากที่จะเข้าถึงโลกดิจิทัลหรือโปรแกรมจริง

5.3 ข้อเสนอแนะในการออกแบบและใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน

ข้อเสนอแนะในการออกแบบและใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมมีดังต่อไปนี้

1. การใช้งานชุดคำสั่ง ในกรณีที่นำไปใช้นอกสถานที่ จะต้องคำนึงถึงระบบแสงสว่างโดยเฉพาะกลางแจ้งที่มีแดด และแสงสว่างมาก ชุดคำสั่งและหุ่นยนต์จะไม่สามารถใช้งานได้

2. การออกแบบหุ่นยนต์ ระบบผสมสารเคมี และระบบสายพาน ในการออกแบบควรให้บอร์ดควบคุมบอร์ดเดียวสามารถใช้งานได้หลากหลายมากกว่านี้ เพราะในงานวิจัยนี้ บอร์ดควบคุมระบบจะประกอบไปด้วยบอร์ดควบคุมหุ่นยนต์ บอร์ดควบคุมระบบผสมสารเคมีและบอร์ดควบคุมระบบสายพานลำเรียง

3. การสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในการใช้งานโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ สำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน ควรให้ผู้ใช้งานได้ใช้โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ในการโปรแกรมอื่นๆนอกจากการโปรแกรมในกรณีศึกษา 10 กรณีศึกษา เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจรูปแบบในการเขียนโปรแกรมมากยิ่งขึ้น

4. การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน ควรให้ผู้ใช้งานสร้างโครงงานด้วยตนเองเป็นกลุ่มจากโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ เช่นกรณี ชุดควบคุมการผสมสารเคมี อาจจะใช้ชุดควบคุมให้ผู้ใช้งานนำไปต่อกับ อุปกรณ์อื่นๆได้เช่น หลอดไฟ มอเตอร์ โซลินอยวาล์ว เป็นต้น

5.4 ข้อเสนอแนะการพัฒนาในอนาคต

ข้อเสนอแนะการพัฒนาในอนาคตมีดังต่อไปนี้

1. ควรพัฒนาโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ที่สามารถทอดประกอบได้ เพื่อจะสามารถนำไปสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการโปรแกรมสิ่งต่างๆและประยุกต์เป็นวัตถุช่วยคิดในการพัฒนาสมองภายในบ้าน สำนักงาน สวนสาธารณะ เป็นเกมส์ในการฝึกตรรกะได้

2. ควรมีการผสมผสานระหว่าง โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้กับการเขียนโปรแกรมแบบ GUI เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถพัฒนาจากแนวคิดแบบรูปธรรมไปสู่แนวคิดของนามธรรม หรือการพัฒนาจาก enative ไปสู่ symbolic

3. การพัฒนาโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้สำหรับระบบควบคุมแบบพาสซีพให้สามารถใช้งานที่หลากหลายขึ้นและมีขนาดเล็กสะดวกในการเคลื่อนย้าย

4. ควรออกแบบชุดคำสั่งให้มีรูปร่างต่าง ๆ เพื่อดึงดูดความสนใจกับเด็ก ๆ และสามารถที่จะติดต่อระบบอื่นๆผ่านระบบไร้สายอื่นๆ เช่น บลูทูธ หรือ ไวไฟ เป็นต้น

บรรณานุกรม

ทิศนา แขมมณีและคณะ. 2545. **กระบวนการเรียนรู้.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

เที่ยง เหมียดไธสง. (2551). **รายงานวิจัยเรื่อง การออกแบบโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้เพื่อการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้น**. เพชรบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Bers, U. M. (2001). **Identity Construction Environments: The Design of Computational Tools for Exploring a Sense of Self and Moral Values.** Ph. D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Bourgoin, O. M. (1990). **Using LEGO Robots to Explore Dynamics**. Master of Science Thesis in Media Arts and Science, Massachusetts Institute of Technology.

Bruner, J. (1973). **Organization of early skilled action In Child Development**. Chicago: University of Chicago Press.

Dorf, C. R., and Bishop, H. R. (2001). **Modern Control Systems** (8^{th} ed.). New Jersey: Prentice–Hall, Inc.

Forrester, J W. (1961**) Industrial Dynamics**, Pegasus Communications Inc. MA

Fröbel, F. (1826). **On the Education of Man (Die Menschenerziehung)**, Keilhau/Leipzig: Wienbrach.

Horn, S., & Jacob, K. (2007). **Designing Tangible Programming Languages for Classroom Use**. In Proceedings of CHI'2007.

Horn, S., Solovey, T., & Jacob, K. (2008). **Designing Tangible Programming Languages for Classroom Use**. In Proceedings of CHI'2008.

Ishii, H. (2008). **Tangible Bits: Beyond Pixels**.(Online) http://fluid.media.mit.edu/courses/2008-MAS672/files/TBits_TEI08_FINAL.pdf

Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). **Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People Bit and Atoms**. In Proceedings of CHI'97.

Kaifai, Y. & Resnick, M. (1996). **Constructionism in Practice: Designing, Thinking and Learning in a Digital World.** New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Martin, G. F. (1988). **Children, Cybernetics, and Programmable Turtles**. Master of Science, Thesis Massachusetts Institute of Technology.

_____. (1994). **Circuits to Control:Learning Engineering by Designing LEGO Robots.** Cambridge,MA: MIT Media Arts and Sciences Doctoral Dissertation.

McNerney, A. (2000). **Tangible Programming Bricks: An approach to making programming accessible to everyone.** M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Millner, D. A. (2005). **Hook-UPS: How Youth Learn Through Creating Physical Computer Interfaces**. Master of Science Thesis Massachusetts Institute of Technology.

Montessori, M. (1912). **The Montessori Method**. New York: Frederick Stokes Co.

Octave, B,M. (1990). **Using LEGO Robots to Explore Dynamics**. Cambridge, MA: M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Papert, S. (1980). **Mindstorms:children, computer, and powerful ideas.** New York: Basic Books.

Papert, S. (1991). **Situating Constructionism. Constructionism**, eds. Idit Harel and Seymour Papert.

Papert, S. (1993). **The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer.** New York: Basic Books.

Parkes, A. (2004). **Topobo:A Gestural Design Tool with Kinetic Memory.** M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Parkes, A. (2009). **Phrases of the Kinetic: Dynamic Physicality as a Dimension of the Design Process.** Cambridge, MA: MIT Media Arts and Sciences Doctoral Dissertation.

Patten, J. (2001). **Sensetable: A Wireless Object Tracking Platform for Tangible User Interfaces**. M. S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Patten, J. (2006). **Mechanical Constraints as Common Ground between People and Computers.** Cambridge,MA: MIT Media Arts and Sciences Doctoral Dissertation.

Piaget, J. (1972). **The Principles of Genetic Epistemology**. London:Routledge&Kegan Paul Ltd.

Raffle, H. S. (2004). **Topobo: A 3-D Constructive Assembly System with Kinetic Memory**. M. S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Raffle, H. (2008). **Sculpting Behavior A tangible language for hands-on play and learning.** Cambridge, MA: MIT Media Arts and Sciences Doctoral Dissertation.

Resnick. (1992). **Beyond the Centralized Mindset: Explorations in Massively-Parallel Microworlds**. Ph.D. Thesis,Massachusetts Institute of Technology.

Resnick, M., Martin, F., Sargent, R., & Silverman, B. (1996). **Programmable Bricks: Toys to Think With.** IBM Systems Journal, 35(3-4).

Resnick, Martin, Berg, et al. (1998). Digital **Manipulatives: New Toys to Think With.** Proceedings of CHI 1998, ACM Press (1998).

Shaw, A. (1995). **Social Constructionism and the Inner City: Designing Environments for Social Development and Urban Renewal**. Cambridge,MA: MIT Media Arts and Sciences Doctoral Dissertation.

Sipitakiat, A.(2000). **Digital Technology for Conviviality:Making the of Students Energy and Imagination in Learning Environment.** M.S. Thesis,Massachusetts Institute of Technology.

Suzuki, H., & Kato, H. (1995). **Algoblock: a TangibleProgramming Language a Tool for collaborative Learning.** Proceedings of 4th European Logo Conference.

Turkle, S., & Papert, S. (1990). Epistemological Pluralism. Signs 16, 1.

Ullmer, B. (2002). **Tangible Interfaces for Manipulating Aggregates of Digital Information**. Cambridge,MA: MIT Media Arts and Sciences Doctoral Dissertation.

Vaucelle, C. (2002). **Dolltalk:A computational toy to enhance narrative perspective-taking.** M.S. Thesis,Massachusetts Institute of Technology.

Vaucelle, C. (2010). **Play it by eye, frame it by hand!Gesture Object Interfaces to enable a world of multiple projections.** Cambridge, MA: MIT Media Arts and Sciences Doctoral Dissertation.

Vygotsky, L. (1986). **Thought and Language.** Cambridge, MA: The MIT Press.

Wiener N. (1948). **Cybernetics or Control and Communication In the Animal and the Machine.**MIT Press, Cambridge, MA.

Wyeth, P., & Wyeth, G. (2003). **ElectronicBlocks: Tangible Programming Elements for Preschoolers.**

Zuckerman, O. (2007). **Flowness + FlowBlocksUncovering the Dynamics of Everyday Life through Playful Modeling.** Cambridge, MA: MIT Media Arts and Sciences Doctoral Dissertation.

Zukerman, O. (2004). **System Block: Learning about Systems Concepts through Hands-on Modeling and Simulation**. M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

ZuKerman, O., & Resnick. M. (2003). **System Block: A Physical Interface for System Dynamics Simulation**. (Online). www.llk.media.mit.edu/paper.